Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

О. Н. Беришвили, С. В. Плотникова

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Сборник задач

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 00EED49E686F52A47CCBB285994C6650C3
Владелец: Герасименко Вадим Владимирович
Действителен: с 01.12.2025 до 24.02.2027

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 519.2
ББК 74.58
Б48

Беришвили, О. Н.

Б48 Математический анализ и дифференциальные уравнения : сборник задач / О.Н. Беришвили, С.В. Плотникова. – Кинель : РИО СамГАУ, 2019. – 104 с.

Учебное издание содержит комплекс задач по теме «Математический анализ и дифференциальные уравнения», решение которых способствует формированию компетенций в соответствии с ФГОС ВО и программой курса «Математика» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия всех форм обучения.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Беришвили О. Н.,
Плотникова С. В., 2019

Предисловие

Предлагаемый сборник задач подготовлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и программой курса «Математика» для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Цель – формирование у обучающихся компетенций, соответствующих направлению их подготовки, и необходимых для эффективного решения будущих профессиональных задач.

Содержание разделов позволяет сформировать следующий комплекс практических навыков: «Задание 1» –нахождение пределов функций, раскрытие неопределенностей вида $\left[\frac{0}{0}\right]$, $\left[\frac{\infty}{\infty}\right]$, вычисление пределов с использованием первогои второго «замечательных» пределов, исследование функций на непрерывность в заданных точках; «Задание 2» – дифференцирование сложных функций, вычисление дифференциала функции; «Задание 3» – нахождение производных и дифференциалов высших порядков, вычисление пределов функций с помощью правилаЛопиталя; «Задание 4» – дифференцирование функции нескольких переменных, нахождениепроизводных по направлению игрaдиента функции; «Задание 5» – вычисление первообразных функции и неопределенного интеграла, интегрирование посредством замены переменной; «Задание 6» – интегрирование функций, содержащих квадратный трехчлен, интегрирование функций методом по частям; «Задания 7» –интегрирование тригонометрическихи некоторых иррациональных функций; «Задание 8» –вычисление криволинейных интегралов, применение криволинейных интегралов для нахождения геометрических и механических величин; «Задание 9» –нахождение общих и частных интеграловодифференциальных уравнений с разделяющимися переменными, однородных и линейных дифференциальных уравнений первого порядка; «Задание 10» – исследование числовых рядов на сходимость с использованиемнеобходимого и достаточных признаков сходимости.

По темам и общей структуре данный задачник является дополнением к методическим указаниям для практических занятий «Математический анализ и дифференциальные уравнения»,

предназначенных для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия.

Предложенные варианты заданий могут быть использованы для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся, а также при проведении текущей и промежуточной аттестаций.

Материалы издания найдут применение в общепрофессиональных и специальных дисциплинах, изучаемых бакалаврами, могут быть использованы магистрами, аспирантами, преподавателями и специалистами сельского хозяйства.

Тема 1.Вычисление пределов функций.

Раскрытие неопределенностей вида $\left[\frac{0}{0}\right]$, $\left[\frac{\infty}{\infty}\right]$.

Первый и второй «замечательные пределы. Исследование функции на непрерывность в заданных точках

Задание 1. Найти пределы функций:

1.

$$а)\lim_{x\to 2}\frac{3x^2-5x-2}{2x^2-x-6};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{2x^2-3x+1}{3x^2+x+4};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{arctg\,2x}{4x};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{2x-3}{2x+5}\right)^{x-1}.$$

2.

$$а)\lim_{x\to -5}\frac{2x^2+15x+25}{-x^2-4x+5};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{5x^2-2x+1}{2x^2+x-3};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{1-\cos 4x}{2\arcsin^2 2x};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{3x+2}{3x-4}\right)^{2-x}.$$

3.

$$а)\lim_{x\to -1}\frac{4x^2+7x+3}{2x^2+x-1};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{-x^2-2x+3}{x^2+4x+1};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{\arcsin 2x}{4x};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{4x+3}{4x-5}\right)^{2x-3}.$$

4.

$$а)\lim_{x\to 3}\frac{2x^2-9x+9}{x^2-5x+6};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{3x^2-5x+4}{x^3+x+1};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{\sin 3x}{tg5x};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{2x+5}{2x-1}\right)^{-x+3}.$$

5.

$$а)\lim_{x\to 4}\frac{-x^2+5x-4}{x^2-2x-8};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{2x^2+x-4}{-4x^2+x+3};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{tg^2 x}{\sin 2x};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{5x-1}{5x+4}\right)^{2x+1}.$$

6.

$$а)\lim_{x\to -2}\frac{x^2-2x-8}{2x^2+5x+2};\qquad в)\lim_{x\to\infty}\frac{x^2-7x+1}{3x^2+x+3};$$

$$б)\lim_{x\to 0}\frac{tgx-\sin x}{x^3};\qquad г)\lim_{x\to\infty}\left(\frac{3x-1}{3x-4}\right)^{2x}.$$

7.

$а)\ \lim\limits_{x\to 1}\dfrac{3x^2-2x-1}{x^2-4x+3}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{3x^2+5x+4}{2x^2-x+1}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin^2 3x}{tg^2 2x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{2x-7}{2x-3}\right)^{4x+1}$.

8.

$а)\ \lim\limits_{x\to -3}\dfrac{-x^2-x+6}{3x^2+8x-3}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3-2x+1}{3x^2+4x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{3x}{\arcsin 6x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{4x+1}{4x-3}\right)^{1-2x}$.

9.

$а)\ \lim\limits_{x\to 1}\dfrac{x^3-1}{5x^2-4x-1}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{-3x^2-2x+5}{x^2+x+3}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos 6x}{x\cdot\sin 3x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{5x-2}{5x+3}\right)^{3-2x}$.

10.

$а)\ \lim\limits_{x\to 2}\dfrac{x^2+2x-8}{8-x^3}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^2-3x+4}{3x^3+5x-1}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}(\sin 3x\cdot ctg\,5x)$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{x-2}{x+3}\right)^{4-x}$.

11.

$а)\ \lim\limits_{x\to 3}\dfrac{x^2-x-6}{x^2-6x+9}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^2+2x+3}{2x^2+3x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{x\cdot tgx}{1-\cos 4x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{3}{x+4}\right)^{1-2x}$.

12.

$а)\ \lim\limits_{x\to 2}\dfrac{x^2-4x+4}{x^2-4}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3+5}{x^2+3}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{arctg\,3x}{6x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{2}{4x-3}\right)^{4x+1}$.

13.

$а)\ \lim\limits_{x\to -2}\dfrac{x^3+8}{x^2+x-2}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x-3}{x^2+2}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{tg^2x}{5x^2}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{2}{2x+5}\right)^{1-3x}$.

14.

$а)\ \lim\limits_{x\to 5}\dfrac{(x-5)^2}{x^2-3x-10}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x+3}{2x^2+3x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin 4x}{tgx}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1+\dfrac{4}{4x+1}\right)^{2x-3}$.

15.

$а)\ \lim\limits_{x\to 5}\dfrac{x^2-7x+10}{x^2-10x+25}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{5x^3-7x}{1-2x^3}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}(x\cdot ctg\,4x)$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{2}{3x-2}\right)^{6x+1}$.

16.

$а)\ \lim\limits_{x\to 3}\dfrac{x^2-6x+9}{x^3-27}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3+4}{2x^2+3x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos x}{x^2}$; $г)\ \lim\limits_{x\to 1}(4-3x)^{\frac{x}{x-2}}$.

17.

$а)\ \lim\limits_{x\to 1}\dfrac{2x^2+x-3}{x^2-2x+1}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^3+2x+4}{2x^2+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos 6x}{3x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to 2}(5-2x)^{\frac{x}{x-2}}$.

18.

$а)\ \lim\limits_{x\to -3}\dfrac{2x^2+5x-3}{3x^2+11x+6}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3+4x^2-4}{x^2+5x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{tg\,3x}{\sin 5x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to 3}(7-2x)^{\frac{2}{x-3}}$.

19.

$а)\ \lim\limits_{x\to -2}\dfrac{2x^2+3x-2}{(x+2)^2}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^3+4x-1}{2x^2+3x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{x}{arctg\,2x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to -1}(2x+3)^{\frac{1}{x+1}}$.

20.

$а)\ \lim\limits_{x\to 1}\dfrac{(x-1)^2}{4x^2+x-5}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3+5x+1}{3x+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin^2 2x}{x^2}$; $г)\ \lim\limits_{x\to -2}(2x+5)^{\frac{3}{x+2}}$.

21.

$а)\ \lim\limits_{x\to 5}\dfrac{x^2-25}{x-5}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{7x^2+5x+4}{14x^2+2x+3}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin 4x}{\sin 5x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1+\dfrac{5}{x}\right)^{3x}$.

22.

$а)\ \lim\limits_{x\to 3}\dfrac{x^2-5x+6}{x-3}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{4x^3-2x-3}{x^3-x^2+2}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin 3x}{5x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{3}{x}\right)^{5x+8}$.

23.

$а)\ \lim\limits_{x\to 3}\dfrac{9-x^2}{\sqrt{3x}-3}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x+3x^2}{9x^2+3x}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin^2 4x}{x^2}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1+\dfrac{7}{x}\right)^{6-3x}$.

24.

$а)\ \lim\limits_{x\to -1}\dfrac{x^2-x-2}{x^3+1}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^3-3x+7x^2}{1-2x^3}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}(3x\cdot ctg\,9x)$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1-\dfrac{2}{3x}\right)^{6x+1}$.

25.

$а)\ \lim\limits_{x\to 2}\dfrac{x^2-2x}{x^3-8}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^4+4}{2x^3+3x^2+4}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos x}{4x^2}$; $г)\ \lim\limits_{x\to 1}(7-6x)^{\frac{9}{x-1}}$.

26.

$а)\ \lim\limits_{x\to 2}\dfrac{x^3-8}{x^2-x-2}$; $в)\ \lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3-3}{8x^2+2}$;

$б)\ \lim\limits_{x\to 0}\dfrac{tg^2 x}{1-\cos 5x}$; $г)\ \lim\limits_{x\to\infty}\left(1+\dfrac{2}{2x+5}\right)^{3x-1}$.

27. $а)\lim\limits_{x\to 4}\dfrac{(x-4)^2}{x^2-3x-4}$; $в)\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{6x+3}{x^2++3x+4}$;

$б)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin 3x}{6x}$; $г)\lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{4x-7}{4x+1}\right)^{2x-3}$.

28. $а)\lim\limits_{x\to 3}\dfrac{x^2-7x+12}{x^2-10x+21}$; $в)\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{x^3-7x}{x^2-2x^3}$;

$б)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{4x}{arctgx}$; $г)\lim\limits_{x\to\infty}\left(\dfrac{3x-7}{3x-2}\right)^{3x+1}$.

29. $а)\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{x^2-6x+5}{x^3-1}$; $в)\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{2x^3+4x-7}{2x^2+4}$;

$б)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos 4x}{3x^2}$; $г)\lim\limits_{x\to 1}(5-4x)^{\frac{3x}{x-1}}$.

30. $а)\lim\limits_{x\to 5}\dfrac{x^2-6x+5}{x^3-125}$; $в)\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{24x-6}{x^2-7x+4}$;

$б)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{4}{\arcsin 4x}$; $г)\lim\limits_{x\to -5}(4x+21)^{\frac{x}{x+5}}$.

Задание 2. Исследовать на непрерывность функции.

1. $а) f=\dfrac{x}{x-1}$; $б) f=e^{\frac{1}{x-2}}$. **2.** $а) f=\dfrac{4x+1}{x+2}$; $б) f=e^{\frac{1}{x-3}}$.

3. $а) f=\dfrac{x^2-9}{x-2}$; $б) f=e^{\frac{1}{x+1}}$. **4.** $а) f=\dfrac{x+1}{2x+3}$; $б) f=e^{\frac{1}{x+2}}$.

5. $а) f=\dfrac{2x+1}{x-1}$; $б) f=e^{\frac{x}{3-e}}$. **6.** $а) f=\dfrac{\sqrt{x-2}}{x-3}$; $б) f=e^{\frac{2}{x+2}}$.

7. $а) f=\dfrac{x^2+1}{2x-1}$; $б) f=e^{\frac{x}{2x+1}}$; **8.** $а) f=\dfrac{\sqrt{2-x}}{x+1}$; $б) f=e^{\frac{3}{x-4}}$.

9. $а) f=\dfrac{x+4}{x-2}$; $б) f=e^{\frac{2}{x+2}}$. **10.** $а) f=\dfrac{2x-1}{5x+2}$; $б) f=e^{\frac{x}{2x+1}}$.

11. $а) f=\dfrac{x-4}{x+3}$; $б) f=e^{\frac{5}{4-x}}$. **12.** $а) f=\dfrac{5}{2x-1}$; $б) f=e^{\frac{\sqrt{x}}{x-3}}$.

13. *а)* $f=\dfrac{2-x^2}{x-2}$; *б)* $f=e^{\frac{2}{x+3}}$. **14.** *а)* $f=\dfrac{3}{x-1}$; *б)* $f=e^{\frac{x-1}{x+1}}$.

15. *а)* $f=\dfrac{\sqrt{x+5}}{2x+3}$; *б)* $f=e^{\frac{3}{2x-1}}$. **16.** *а)* $f=\dfrac{x+3}{x-2}$; *б)* $f=e^{\frac{\sqrt{x}}{x-1}}$.

17. *а)* $f=\dfrac{x-1}{x+4}$; *б)* $f=\dfrac{x}{e^{x+2}}$. **18.** *а)* $f=\dfrac{x^2-25}{3+x}$; *б)* $f=e^{\frac{2}{6x+3}}$.

19. *а)* $f=\dfrac{x^2}{4x-2}$; *б)* $f=e^{\frac{\sqrt{x-3}}{x-1}}$. **20.** *а)* $f=\dfrac{4x+3}{1-2x}$; *б)* $f=e^{\frac{x^2}{2+x}}$.

21. *а)* $f=\dfrac{2x+3}{x+1}$; *б)* $f=e^{\frac{2-x}{x+1}}$. **22.** *а)* $f=\dfrac{\sqrt{x+3}}{x-2}$; *б)* $f=e^{\frac{x}{x-3}}$.

23. *а)* $f=\dfrac{x^2-4}{1-x}$; *б)* $f=e^{\frac{\sqrt{x}}{2x-1}}$. **24.** *а)* $f=\dfrac{3}{x-3}$; *б)* $f=e^{\frac{x-1}{x+2}}$.

25. *а)* $f=\dfrac{\sqrt{1-x}}{x+4}$; *б)* $f=e^{\frac{4}{x+3}}$. **26.** *а)* $f=\dfrac{x}{2x+3}$; *б)* $f=e^{\frac{x}{x-1}}$.

27. *а)* $f=\dfrac{x^2}{5-2x}$; *б)* $f=e^{\frac{\sqrt{x+2}}{x-4}}$. **28.** *а)* $f=\dfrac{x^2-1}{x+2}$; *б)* $f=e^{\frac{3}{2x+1}}$.

Задание 3. Исследовать данную функцию на непрерывность и построить ее график.

1. $f(x)=\begin{cases} x+4, & x<-1 \\ x^2+2, & -1\le x<1; \\ 3x, & x\ge 1 \end{cases}$ **2.** $f(x)=\begin{cases} 2-x, & x<0 \\ 3-x,^2 & 0\le x<1 \\ 2x, & x\ge 1 \end{cases}$

3. $f(x)=\begin{cases} x^2, & x<2 \\ 2x, & 2\le x<3 \\ 5-x, & x\ge 3 \end{cases}$ **4.** $f(x)=\begin{cases} x, & x<-2 \\ x+4, & -2\le x<0 \\ x^2+2, & x\ge 0 \end{cases}$

5. $f(x)=\begin{cases} 1, & x\le 0 \\ 2x-1, & -0<x<1; \\ (x+1)^2, & x\ge 1 \end{cases}$ **6.** $f(x)=\begin{cases} -x, & x<-1 \\ -x,^2 & -1\le x\le 2; \\ x-6, & x>2 \end{cases}$

7. $f(x)=\begin{cases}\sin x, & x\le\dfrac{\pi}{2}\\ \dfrac{2}{\pi}x, & \dfrac{\pi}{2}<x<2;\\ x^2-6, & x\ge 2\end{cases}$

8. $f(x)=\begin{cases}x^2-x, & x<-1\\ \cos x, & 1\le x<\pi\\ \dfrac{2}{\pi}x-3, & x\ge\pi\end{cases}$

9. $f(x)=\begin{cases}x, & x<0\\ \sqrt{x+1}, & 0\le x\le 3;\\ x^2-7, & x>3\end{cases}$

10. $f(x)=\begin{cases}x-2, & x\le 2\\ x^2-1, & 2<x<3;\\ (x-1)^3, & x\ge 3\end{cases}$

11. $f(x)=\begin{cases}\cos x, & x<0\\ x^2+1, & 0\le x\le 2\\ 6x-1, & x>2\end{cases}$

12. $f(x)=\begin{cases}-2x, & x\le -1\\ x^2+1, & -1<x<1;\\ 3-x, & x\ge 1\end{cases}$

13. $f(x)=\begin{cases}x+1, & x<-1\\ x^2+x, & -1\le x\le 3;\\ \sqrt{x}, & x>3\end{cases}$

14. $f(x)=\begin{cases}x^3, & x\le -1\\ \sin x, & 1<x<\pi;\\ \sqrt{x-\pi}, & x\ge\pi\end{cases}$

15. $f(x)=\begin{cases}1-2x, & x<0\\ x^2-1, & 0\le x\le 2;\\ 4x-5, & x>2\end{cases}$

16. $f(x)=\begin{cases}2^x, & x\le 0\\ x^2+1, & 0<x\le 1;\\ 5x-4, & x>1\end{cases}$

17. $f(x)=\begin{cases}\ln(-x), & x<-1\\ x+1, & -1\le x<2;\\ x^2, & x\ge 2\end{cases}$

18. $f(x)=\begin{cases}\sqrt{x^2+1} & x\le 0\\ x-1, & 0<x<2;\\ 3-x^2, & x\ge 2\end{cases}$

19. $f(x)=\begin{cases}\cos x, & x<-\pi\\ 1-\dfrac{2}{\pi}x, & -\pi\le x\le 1;\\ x(x+1), & x>1\end{cases}$

20. $f(x)=\begin{cases}x, & x\le 0\\ 3^x, & -0<x\le 1;\\ 2x^2+1, & x>1\end{cases}$

21. $f(x)=\begin{cases}x^2, & x<-2\\ \sqrt{x^2-3}, & -2\le x<2;\\ x-1, & x\ge 2\end{cases}$

22. $f(x)=\begin{cases}e^x-1, & x\le 0\\ \ln(1+x), & 0<x\le 1;\\ 2-x, & x>1\end{cases}$

23. $f(x)=\begin{cases} 2, & x<1 \\ \sin x, & 1\le x\le \frac{\pi}{2}; \\ \frac{4}{\pi}x-1, & x\ge\frac{\pi}{2} \end{cases}$ **24.** $f(x)=\begin{cases} \sqrt{1-x}, & x\le 0 \\ x^2+1, & 0<x<2; \\ 2^{-x}, & x\ge 2 \end{cases}$

25. $f(x)=\begin{cases} x-1, & x<-2 \\ 3, & 2\le x\le \pi; \\ 2-\cos x, & x>\pi \end{cases}$ **26.** $f(x)=\begin{cases} x^2-1, & x\le -1 \\ \sqrt{x+2}, & -1<x\le 2; \\ \log_2(x+2), & x>2 \end{cases}$

27. $f(x)=\begin{cases} x+2, & x<1 \\ 3^x, & x<4; \\ \sqrt{x^2-16}, & x\ge 4 \end{cases}$ **28.** $f(x)=\begin{cases} \ln(1-x), & x\le -2 \\ x^2-2, & -2<x<1; \\ 2x-3, & x\ge 1 \end{cases}$

29. $f(x)=\begin{cases} \sin x, & x<\pi \\ \sqrt{4+x}, & -\pi\le x\le 0; \\ x^2+2, & x>0 \end{cases}$ **30.** $f(x)=\begin{cases} x+2, & x\le 0 \\ \sqrt{2^x+3}, & 0<x<2; \\ \ln x, & x\ge 2 \end{cases}$

Тема 2. Основные правила дифференцирования. Производная сложной функции. Дифференциал функции

Вариант 1

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y=4x^3+\frac{7}{x}+8+3\sqrt[5]{x^3};\quad б)\ y=\sqrt{(3x-7)^3}+\cos 7x;$$

$$в)\ y=e^{3x}\cdot\sin 5x;\qquad г)\ y=\frac{2^{x^2}}{tgx}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\ y=\frac{1}{(x-2)^5}+\sqrt[3]{2x^4+3x-5};\quad б)\ y=\sin^3 2x\cdot\cos 8x^5;$$

$$в)\ y=\sqrt{(x+5)^3}\cdot\arccos^4 x;\qquad г)\ y=\frac{e^{\arcsin^2 x}}{3x^2-4x+2}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y^2 + 2x^3 - \sin\frac{y}{x} = 5$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции

$$y = \frac{\sqrt{x+2}\cdot\sqrt[3]{x-1}}{(x+7)^3}.$$

5. Найти производную y' функций:

$$а)\, y = x^{x^5}; \quad б)\, y = (\sin 3x)^{\arccos x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически

$$\begin{cases} x = t + \ln\cos t, \\ y = t - \ln\sin t. \end{cases}$$

Вариант 2

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 3x - \frac{1}{2x^5} + 3\sqrt[5]{x^4}; \quad б)\, y = \frac{4}{(x+2)^3} - tg3x;$$

$$в)\, y = \cos 4x \cdot \sqrt{5x-7}; \qquad г)\, y = \frac{e^{-6x}}{\arcsin x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{5}{2x^2 - 4x + 7} + \sqrt[3]{(x-1)^5}; \quad б)\, y = \log_5(x+1)\cdot 4^{-\sin x};$$

$$в)\, y = tg^4 x \cdot \arcsin 4x^5; \qquad г)\, y = \frac{9arctg^3(x+7)}{(x-1)^2}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $3y + xy^2 + \cos x = 0$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции

$$y = \frac{\sqrt{x-2}\cdot\sqrt[3]{x-3}}{(x+5)^6}.$$

5. Найти производную y' функций

$$а) y = x^{5x}; \quad б) y = (\cos(x+2))^{\ln x}.$$

6.Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t + \frac{1}{2}\sin t, \\ y = \cos^3 t. \end{cases}$$

Вариант 3

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = 2x^2 - \frac{8}{x^3} + 7 + \sqrt[3]{x^4}; \quad б) y = \sqrt[5]{3x^2 + 4x - 5} - e^{4x};$$

$$в) y = 4x^7 \cdot tg\,5x; \qquad г) y = \frac{5^{\cos x}}{(1+x^2)}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{7}{(x+2)^5} - \sqrt{8 - 5x + 2x^2}; \quad б) y = \lg(x+3) \cdot arctg^{\,2} 5x;$$

$$в) y = ctg^{\,3} 4x \cdot (7x+1)^5; \qquad г) y = \frac{e^{-\sin 2x}}{\cos^4 7x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $3y^2 + x^3 + \ln x = 4$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции

$$y = \frac{(x+4)^2 \cdot \sqrt[7]{x-13}}{\sqrt[4]{x+5}}.$$

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = (4x)^{5x}; \quad б) y = (\cos 5x)^{arctg\sqrt{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \frac{t^3}{3} + \frac{t^2}{2} + 1, \\ y = \frac{t^2}{2} + \frac{1}{t}. \end{cases}$$

Вариант 4

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 4 - \frac{3}{x^2} + 3\sqrt{x} - 3x^2; \quad б)\ y = \sqrt{(2x-4)^5} + tg\,3x;$$

$$в)\ y = x^3 \cdot \arccos 2x; \qquad г)\ y = \frac{tg\,7x}{\ln 2x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\ y = \frac{10}{(3x^2 - 5x + 1)} - \sqrt{(x-4)^7}; \quad б)\ y = 2^{\cos x} \cdot arctg^3\,7x;$$

$$в)\ y = tg^6\,2x \cdot \cos 7x^2; \qquad г)\ y = \frac{\arcsin 2x}{e^{\cos 5x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\frac{x}{y} + x^4 - tgy = 2$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции.

$$y = \frac{(x-1)^{12} \cdot (x-4)^3 \cdot \sqrt{x+6}}{\sqrt{x-2}}.$$

5. Найти производную y' функций.

$$а)\ y = (x+5)^{3x}; \quad б)\ y = \left(\sqrt{3x+5}\right)^{arctg\,3x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^2 + t + 1, \\ y = t^3 + t. \end{cases}$$

Вариант 5

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 7x^2 + \frac{3}{x} - \sqrt[5]{x^4} + \frac{8}{x^3}; \quad б)\ y = \sqrt[3]{5x^4 - 2x - 1} - 6^{5x};$$

$$в)\ y = x^5 \cdot ctg\,2x; \qquad г)\ y = \frac{e^{2x}}{\sin x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{4}{(x-7)^3} - \sqrt[3]{3x^2 - 2x + 1}; \quad б)\, y = e^{-tg^2 3x} \cdot \cos^2 x;$$

$$в)\, y = \sin^3 4x \cdot \lg\left(2x^3\right); \qquad г)\, y = \frac{\arccos^2 \sqrt{x}}{3^{-\sin x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $2y^3 - x^2 + ctgx = 3.$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[3]{x-6} \cdot \sqrt[8]{x+2}}{(x-17)^4}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (x-2)^{4x}; \quad б)\, y = \left(\log_2 (x+4)\right)^{ctg7x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t + \dfrac{2-t}{2+t^2}, \\ y = \dfrac{t^2}{2+t^2}. \end{cases}$$

Вариант 6

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{6}{x^4} - \frac{3}{x} + 3x^5 - \sqrt{x^7}; \quad б)\, y = \frac{1}{(x-5)^4} + \cos 3x;$$

$$в)\, y = x^3 \cdot \arccos x; \qquad г)\, y = \frac{\sin(-x)}{(3x+1)^2}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{3}{(2x-4)^3} - \sqrt[6]{(2x^2 - 3x + 1)^5}; \quad б)\, y = \frac{tg\sqrt{2x+7}}{(x^2+3)};$$

$$в)\, y = \sin^3 7x \cdot \arccos 2x^5; \qquad г)\, y = \frac{\sin^3(4x+3)}{\ln^2 x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y^3 - x = \sin y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-11)^3 \cdot \sqrt[5]{x+21}}{\sqrt{x-12}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = (x+2)^{7x}; \quad б) y = (\arccos 5x)^{\ln x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 2t - t^2, \\ y = 3t - t^3. \end{cases}$$

Вариант 7

1 Продифференцировать данные функции.

$$а) y = \sqrt[3]{x^2} - \frac{4}{x^7} - 3x^3; \quad б) y = \sqrt[3]{2x + x^2 + 7} - tg\,5x;$$

$$в) y = 3x^4 \cdot e^{-x}; \qquad г) y = \frac{\cos 3x}{\sqrt{x}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{3}{\left(4x - 3x^2 + 1\right)^2} - \sqrt{(x+1)^3}; \quad б) y = \lg(x+4) \cdot e^{-5x};$$

$$в) y = tg^3 7x \cdot \log_2 x; \qquad г) y = \frac{\sqrt{\arccos 4x}}{\sin 5x^3}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $5x^4 + \dfrac{1}{y} = \cos y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-3)^4 \cdot \sqrt{x+7}}{(x+2)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (8x)^{x^3}; \quad б)\, y = \left(\ln(x+7)\right)^{ctg7x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 2\cos^3 t, \\ y = 4\sin^3 t. \end{cases}$$

Вариант 8

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{9}{x^3} + \sqrt[3]{x^4} - \frac{2}{x}; \quad б)\, y = \frac{7}{(x-7)^3} - e^{-2x};$$

$$в)\, y = 3x^4 \cdot \sin 4x; \qquad г)\, y = \frac{\arcsin 7x}{\ln 4x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{2}{1+3x-4x^2} - \sqrt[3]{(x-8)^4}; \quad б)\, y = ctg\,6x \cdot \arccos x^4;$$

$$в)\, y = \sin^5 3x \cdot arctg\sqrt{x}; \qquad г)\, y = \frac{arcctg^3 x}{\sin^4(2x-6)}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $(x+y)^2 - \arcsin x = 32$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-3)^5 \cdot (x+2)^6}{\sqrt{(x-2)^3}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (x)^{\cos x}; \quad б)\, y = \left(\cos(5+x)\right)^{\arcsin 3x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 2\cos t - \cos 2t, \\ y = 2\sin t - \sin 2t. \end{cases}$$

Вариант 9

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 7 - \frac{3}{x^5} + \sqrt{x^3} + \frac{2}{x};\quad б)\ y = \sqrt[4]{(x+4)^6} - \cos 2x;$$

$$в)\ y = 4x^6 \cdot e^{3x};\qquad г)\ y = \frac{\sin(x+1)}{\ln x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\ y = \frac{19}{(8-5x+7x^2)^3} - \sqrt{(x-3)^7};\quad б)\ y = e^{-\sin x} \cdot \log_3^2(7x-8);$$

$$в)\ y = \cos\sqrt[5]{x} \cdot arctgx^4;\qquad г)\ y = \frac{\sqrt{\sin^3 x}}{arctg^3 5x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $2y^3 - 3x + \ln y = 7$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-2)^3 \cdot \sqrt{(x+6)^5}}{(x-4)^2}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\ y = x^{\sin x};\quad б)\ y = (\sin 4x)^{arctg\frac{1}{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 3t - t^3, \\ y = 3t^2. \end{cases}$$

Вариант 10

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 10x^3 - \frac{4}{x} + 3\sqrt[5]{x};\quad б)\ y = \sqrt[3]{5x^2 - 6x + 3} + tg5x;$$

$$в)\ y = x^3 \cdot \sin 7x;\qquad г)\ y = \frac{\sqrt{x^3}}{\arccos 2x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \sqrt[3]{5 + 4x - x^2} - \frac{4}{(x+1)^3}; \quad б)\, y = e^{\arcsin x} \cdot \ln^3 x;$$

$$в)\, y = 4^{-x} \cdot \ln^5 (x+2); \qquad г)\, y = \frac{\sqrt{\cos^3 x}}{tg^5 (7x+1)}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y^3 + x^3 = \cos\left(\frac{x}{y}\right)$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \frac{(x+3)\cdot \sqrt[5]{(x-2)^2}}{(x+1)^7}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (3x)^{tgx}; \quad б)\, y = (ctg2x)^{\sin\sqrt{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = ctgt, \\ y = \dfrac{1}{\cos^2 t}. \end{cases}$$

Вариант 11

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 3\sqrt{x} + \frac{5}{x^4} + \sqrt[3]{x^2} - 3x^2; \quad б)\, y = \sqrt[3]{(2x-6)^4} + e^{-3x};$$

$$в)\, y = tg(x-2)\cdot 4x^6; \qquad г)\, y = \frac{tg3x}{\sqrt{5x}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \sqrt[4]{5x^2 - 4x + 1} - \frac{7}{(x-5)^2}; \quad б)\, y = ctg^4 x \cdot \lg\sqrt{x+5};$$

$$в)\, y = \cos^5 2x \cdot tg(4x^2 + 1); \qquad г)\, y = \frac{\sin\sqrt{x-8}}{e^{x^3 - 2x^2}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $3x^2y^2 + x^4 + y = 4$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x+2)^7 \cdot (x-3)^3}{\sqrt{(x+1)^5}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = x^{ctgx}; \quad б) y = (\arccos x)^{\sqrt{\cos x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^2, \\ y = \dfrac{t^3}{3} - t. \end{cases}$$

Вариант 12

1 .Продифференцировать данные функции.

$$а) y = 4x^5 - \frac{5}{x} - \sqrt{x^3}; \quad б) y = \frac{7}{(x-1)^3} + \cos 6x;$$

$$в) y = \sin 3x \cdot \sqrt{5x}; \qquad г) y = \frac{(2x+3)^4}{tg(-x)}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{5}{(x+1)^3} - \sqrt[3]{(x^2+9x-8)}; \quad б) y = 2^{\sin x} \cdot arctgx^4;$$

$$в) y = \arccos^2 3x \cdot \ln(x-4)^3; \qquad г) y = \frac{tg^3(2x+2)}{\arccos\sqrt{x^2+7}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $xy^2 + y^3 = 4x - 5$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-1)^4 \cdot (x+2)^5}{\sqrt[3]{(x-4)^2}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (2x)^{\ln x}; \quad б)\, y = \left(\ln(x+3)\right)^{\sin\sqrt{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \sin\left(\dfrac{t}{2}\right), \\ y = \cos t. \end{cases}$$

Вариант 13

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 10x^2 - \frac{4}{x} + 3\sqrt{x^5}; \quad б)\, y = \sqrt{(2x-4)^3} - 3tg\,2x;$$

$$в)\, y = 7x^8 \cdot 3^x; \qquad г)\, y = \frac{e^{-2x}}{\arccos x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{3}{(x+3)^4} - \sqrt{1+5x-2x^2}; \quad б)\, y = arctg^5 x \cdot \log_2^3 (x-3);$$

$$в)\, y = 2^{\text{tg}x} \cdot \arcsin^5 3x; \qquad г)\, y = \frac{\lg^3(7x-10)}{\cos^2 3x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y = 7x - ctgy$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[5]{(x+4)^3}}{(x-1)^2(x+3)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = x^{(x-7)}; \quad б)\, y = (\arcsin 5x)^{\text{tg}\sqrt{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = e^{2t}, \\ y = \cos t. \end{cases}$$

Вариант 14

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{4}{x^3} - \sqrt[3]{x^4} + 5x^2; \quad б)\, y = \sqrt{(2x-4)^7} - 4e^{3x};$$

$$в)\, y = 8x^{\circ} \cdot \ln 2x; \qquad г)\, y = \frac{\sin 3x}{2^{2x}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{2}{(x-1)^3} - \sqrt[3]{(6x^2 + 3x - 7}; \quad б)\, y = \arcsin^4 x \cdot e^{ctgx};$$

$$в)\, y = \sin^2 3x \cdot arcctg\, 3x^5; \qquad г)\, y = \frac{ctg^2 5x}{\ln^2 (7x-3)}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\sin y = 7x + 3y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[3]{(x-1)^7}}{(x+1)^5 (x-5)^3}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (13x)^{(x+5)}; \quad б)\, y = (arctg\, 2x)^{\sin x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^2 + t + 1, \\ y = t^3 + t. \end{cases}$$

Вариант 15

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 7\sqrt{x} - \frac{2}{x^5} - 3x^4; \quad б)\, y = \frac{3}{(4x-3)^7} - \log x^2;$$

$$в)\, y = x^3 \cdot tg\, 4x; \qquad г)\, y = \frac{\cos 4x}{arctgx}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{3}{(x+4)^2} - \sqrt[3]{4+3x-x^4}; \quad б)\, y = \sqrt{\arccos 4x} \cdot 3^{-\cos x};$$

$$в)\, y = ctg^5 3x \cdot \arccos 7x^3; \qquad г)\, y = \frac{arctg^2 5x}{\sqrt{tg\,3x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $e^y = 4x - 7y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-1)^4 \cdot \sqrt{(x+2)^5}}{(x+2)^7}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = x^{\arcsin x}; \quad б)\, y = \left(\sqrt{x+5}\right)^{\arccos 6x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 3\cos^2 t, \\ y = 2\sin^3 t. \end{cases}$$

Вариант 16

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{7}{x} + 2\sqrt{x^3} + 6x^2; \quad б)\, y = \sqrt{(2x-7)^3} - \ln 3x;$$

$$в)\, y = x^5 \cdot \lg x; \qquad г)\, y = \frac{tg\,8x}{x^3}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{1}{(x-4)^3} + \sqrt[3]{x^4+3x-1}; \quad б)\, y = \sin^3 7x \cdot \cos 4x^5;$$

$$в)\, y = \sqrt{(x+3)^3} \cdot \arccos^5 x; \qquad г)\, y = \frac{e^{\arcsin^2 x}}{x^2+8x-3}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\ln y - \frac{y}{x} = 7$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \frac{(x+3)^2 \cdot \sqrt[3]{(x-2)^5}}{(x-7)^3}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = x^{\arccos x}; \quad б) y = \left(tg3x^4\right)^{\sqrt{x+3}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 3\sin^2 t, \\ y = 2\cos^3 t. \end{cases}$$

Вариант 17

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = 4 + \sqrt{x^3} + 6x^{10}; \quad б) y = \sqrt[3]{(2x+3)^2} - 2^{3x};$$

$$в) y = 6x^3 \cdot e^{-x}; \qquad г) y = \frac{(x+3)^2}{\arccos 2x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{3}{9x^2 - 5x + 2} + \sqrt[3]{(x+6)^4}; \quad б) y = \log_3(x+2) \cdot 5^{-\sin x};$$

$$в) y = tg^3 x \cdot arc\sin 2x^5; \qquad г) y = \frac{arctg^2(x-3)}{(x+4)^2}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $xy = ctgy$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \frac{(x+2)^6 \cdot \sqrt[4]{x-8}}{(x-1)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = x^{\arccos x};\quad б)\, y = \left(tg7x^5\right)^{\sqrt{x+2}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^5 + 2t, \\ y = t^3 - 8t - 1. \end{cases}$$

Вариант 18

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{7}{x} - \sqrt[3]{x^7} + 5x^3;\quad б)\, y = \frac{1}{5x+2} + tg3x;$$

$$в)\, y = \cos 2x \cdot \ln x;\qquad г)\, y = \frac{\arcsin x}{\sqrt{x+1}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{6}{(x+9)^4} - \sqrt{1-5x+3x^2};\quad б)\, y = \lg(x-3)\cdot arctg^2 7x;$$

$$в)\, y = ctg^4 3x \cdot (9x-1)^5;\qquad г)\, y = \frac{e^{-\sin 3x}}{\cos^4 5x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $3x + \sin y = 5y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-3)^7 \cdot \sqrt[5]{x+1}}{(x+8)^3}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = x^{arccigx};\quad б)\, y = (\arccos(x+2))^{tg3x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \arcsin\left(t^2 - 1\right), \\ y = \arccos 2t. \end{cases}$$

Вариант 19

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)y = 7x - \frac{5}{x^2} + \sqrt[7]{x^4}; \quad б)y = \sqrt{2x - x^2} + \log_2 x^3;$$

$$в)y = \sin 4x \cdot e^{2x}; \qquad г)y = \frac{tg\,3x}{\sqrt{7x}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)y = \frac{2}{\left(5x^2 - 3x + 8\right)} - \sqrt{(x+4)^3}; \quad б)y = 3^{\cos x} \cdot arctg^3 2x;$$

$$в)y = tg^5 3x \cdot \cos 4x^2; \qquad г)y = \frac{\arcsin 7x}{e^{\cos 2x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $arcctgy = 4x + 5y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[7]{(x-2)^4}}{(x+1)^2(x-6)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)y = (x)^{e^x}; \quad б)\, y = \left(arctg\left(x+7\right)\right)^{\cos 2x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 6t^2 - 4, \\ y = 3t^5. \end{cases}$$

Вариант 20

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)y = 2\sqrt{x} - \frac{7}{x} + 3\sqrt{x} - 3x^2; \quad б)y = \sqrt[5]{\left(2x + 3x^2\right)} - \cos 3x;$$

$$в)y = 4x^3 \cdot ctg5x; \qquad г)y = \frac{e^{2x}}{\ln(x+7)}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{7}{(x-3)^3} - \sqrt[3]{x^2 - 5x + 4}; \quad б)\, y = e^{-\operatorname{tg} 6x} \cdot \cos^2 x;$$

$$в)\, y = \sin^3 2x \cdot \lg\left(7x^3\right); \qquad г)\, y = \frac{\arccos^2 \sqrt{x}}{5^{-\sin x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\sin y = xy^2 + 5$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[5]{(x-2)^2}}{(x-3)^4 (x-4)^3}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (2+x)^{\ln x}; \quad б)\, y = \left(\ln(x-4)\right)^{\cos\sqrt{x}}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 3\cos t, \\ y = 4\sin^2 t. \end{cases}$$

Вариант 21

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 8x^2 + \sqrt[3]{x^4} - \frac{4}{x}; \quad б)\, y = \frac{1}{2x+3} - \ln 5x;$$

$$в)\, y = \sqrt{x} \cdot \cos 8x; \qquad г)\, y = \frac{\cos 2x}{(2x+1)^4}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{6}{(4x-2)^3} - \sqrt[6]{(2x^2 - 8x + 4)^5}; \quad б)\, y = \frac{\sqrt{7x+2}}{(x^2+3)};$$

$$в)\, y = \sin^3 5x \cdot \arccos x^5; \qquad г)\, y = \frac{\sin^3 (x-3)}{\ln^2 x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $3x + \sin y = 5y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[3]{(x-2)^4}}{(x-5)(x+1)^7}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = x^{\cos 6x}; \quad б) y = (\cos(2x-5))^{arctg\,5x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \cos t + t\sin t, \\ y = \sin t - t\cos t. \end{cases}$$

Вариант 22

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = 3x^4 + 3\sqrt[3]{x^5} - \frac{2}{x}; \quad б) y = \frac{1}{(3x+7)^4} - tg\,2x;$$

$$в) y = \sqrt{x^3} \cdot \arcsin 5x; \qquad г) y = \frac{e^{4x}}{\ln x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{4}{(3x-5x^2+9)^2} - \sqrt{(x-7)^3}; \quad б) y = \lg(x-4)\cdot e^{-3x};$$

$$е) y = tg^2 6x \cdot \log_3 x; \qquad г) y = \frac{\sqrt{\arccos 2x}}{\sin 8x^3}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $xy - 6 = \cos y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x+4)^3 \cdot (x-7)^2}{\sqrt[3]{x+13}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = (5x)^{x-12}; \quad б) y = (\arcsin 2x)^{\ln(x+3)}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 2t^2 + t, \\ y = \ln t. \end{cases}$$

Вариант 23

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = 7\sqrt{x} - \frac{7}{x^2} - 2x^5; \quad б) y = \sqrt[3]{\left(5 - 3x^2\right)} - \ln 3x;$$

$$в) y = x^7 \cdot tg\,3x; \qquad г) y = \frac{e^{5x}}{\sin 7x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{3}{4 - 3x + x^2} - \sqrt[4]{(x+8)^3}; \quad б) y = ctg\,2x \cdot \arccos x^3;$$

$$в) y = \sin^3 5x \cdot arctg\sqrt{x}; \qquad г) y = \frac{arcctg^{\,2} x}{\sin^3(4x-6)}.$$

3.Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $tgy = 4y - 5x$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-1)^5 \cdot (x+2)^3}{\sqrt[5]{(x+3)^2}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = x^{\sin 7x}; \quad б)\ y = \left(\log_4(2x+3)\right)^{\arcsin 3x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 2t - t^3, \\ y = 2t^2. \end{cases}$$

Вариант 24

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 6\sqrt{x} - \sqrt[7]{x^2} + 8x^3; \quad б)\ y = \frac{1}{(2x-5)^7} + \arcsin 2x;$$

$$в)\ y = x^8 \cdot e^{-3x}; \qquad г)\ y = \frac{\cos 3x}{\lg 4x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\ y = \frac{9}{(5-8x+7x^2)^3} - \sqrt{(x+3)^5}; \quad б)\ y = e^{-\cos x} \cdot \log_3^2(9x-7);$$

$$в)\ y = \cos\sqrt[3]{x} \cdot arctgx^2; \qquad г)\ y = \frac{\sqrt{\sin^5 x}}{arctg^2 6x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $4\sin^2(y+x) = x$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{(x-1)^4 \cdot (x-7)^2}{\sqrt[3]{(x+2)^5}}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\ y = x^{x^2}; \quad б)\ y = (\lg(7x-3))^{arctg2x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \arcsin t, \\ y = e^{t^2}. \end{cases}$$

Вариант 25

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\ y = 6\sqrt{x} - \frac{4}{x} + 3\sqrt[4]{x} - 3x^2; \quad б)\ y = \frac{1}{\sqrt{7x-8}} - \cos 9x;$$

$$в)\ y = e^{3x} \cdot tg\,7x; \qquad г)\ y = \frac{\log_4(3x)}{\arccos x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \sqrt[3]{4 + 5x - x^2} - \frac{3}{(x-4)^3}; \quad б)\, y = e^{\arcsin x} \cdot \ln^2 x;$$

$$в)\, y = 3^{-x} \cdot \ln^4 (x+2); \qquad г)\, y = \frac{\sqrt{\cos^5 x}}{tg^3 (9x+1)}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $tgy = 3x + 5y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt{x+10} \cdot (x-8)^3}{(x-1)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = (3x)^{tg\,7x}; \quad б)\, y = \left(\log_2 (6x+5)\right)^{\arcsin 2x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = 1 - \sin t, \\ y = 1 - \cos t. \end{cases}$$

Вариант 26

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = 5x^2 - \frac{7}{\sqrt[3]{x}} - 8x + 4; \quad б)\, y = \frac{1}{(1-x)^2} - \cos 5x;$$

$$в)\, y = 3x^8 \cdot tg\,3x; \qquad г)\, y = \frac{e^{-7x}}{\log_3 x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \sqrt[3]{4x^2 - 5x + 2} - \frac{5}{(x-7)^2}; \quad б)\, y = ctg^3 x \cdot \lg \sqrt{x-5};$$

$$в)\, y = \cos^3 5x \cdot tg\left(3x^2 + 1\right); \qquad г)\, y = \frac{\sin \sqrt{x+9}}{e^{x^3 - 2x^2}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y^2 - 7x = \cos y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[5]{(x-2)^3}\cdot(x-1)}{(x+3)^4}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = (5x)^{\cos 7x}; \quad б) y = \left(\ln(7x-3)\right)^{arctg3x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^2 + 1, \\ y = e^{t^2}. \end{cases}$$

Вариант 27

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = \frac{7}{x^3} + 5\sqrt[3]{x^4} - 8x^5; \quad б) y = \sqrt[5]{\left(2x + 3x^2\right)} - \cos 3x;$$

$$в) y = 2x^7 \cdot e^{-5x}; \qquad г) y = \frac{3^{2x}}{tg9x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{4}{(x+2)^3} - \sqrt[3]{(x^2 + 8x - 9)}; \quad б) y = 7^{\sin x} \cdot arctgx^3;$$

$$в) y = \arccos^3 2x \cdot \ln(x+4)^3; \qquad г) y = \frac{tg^3(2x+5)}{\arccos\sqrt{x^2-3}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $y - x = arctgy$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[4]{(x+1)^3}\cdot(x-2)^5}{(x-3)^2}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = (x-12)^{tg7x}; \quad б) y = \left(\lg(8x+3)\right)^{\arccos 5x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = e^{-3t}, \\ y = e^{8t}. \end{cases}$$

Вариант 28

1. Продифференцировать данные функции.

$$а) y = \frac{1}{x^5} - \sqrt[7]{3x^4} - 6x; \quad б) y = \frac{1}{1-2x} + 4^{3x};$$

$$в) y = 7x^5 \cdot \ln x; \qquad г) y = \frac{\cos 7x}{tg\, 2x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а) y = \frac{2}{(x-3)^4} - \sqrt{2+5x-x^2}; \quad б) y = arctg^{\,3} x \cdot \log_2^4 (x-3);$$

$$в) y = 5^{\operatorname{tg} x} \cdot \arcsin^{\,2} 3x; \qquad г) y = \frac{\lg^2 (3x-10)}{\cos^3 4x}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $5y^2 + x^2 = \arcsin y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[6]{(x-1)^5}}{(x+6)^4 (x-7)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а) y = x^{3 \arcsin x}; \quad б) y = (\arcsin 2x)^{ctg(x+1)}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t^4, \\ y = \ln t. \end{cases}$$

Вариант 29

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{41}{\sqrt{x}} - \sqrt[3]{3x^2} - 5x; \quad б)\, y = \frac{1}{\sqrt{1-2x}} + e^{-x};$$

$$в)\, y = 3x^7 \cdot \log_2 4x; \qquad г)\, y = \frac{\arccos 3x}{ctg\, 2x}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{2}{(x-8)^3} - \sqrt[3]{(7x^2 + 3x - 6}; \quad б)\, y = \arcsin^3 x \cdot e^{tgx};$$

$$в)\, y = \sin^3 2x \cdot arcctgx^5; \qquad г)\, y = \frac{ctg^3 2x}{\ln^2(3x-7)}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\cos(xy) - \sin x = 3$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[5]{(x+2)^3}}{(x-1)^4 (x-3)^5}$.

5. Найти производную y' функций.

$$а)\, y = x^{\arccos 4x}; \quad б)\, y = (arcctg\,(x-3))^{\sin 4x}.$$

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = \dfrac{\ln t}{t}, \\ y = t \cdot \ln t. \end{cases}$$

Вариант 30

1. Продифференцировать данные функции.

$$а)\, y = \frac{5}{\sqrt[3]{x^2}} - \frac{1}{x} - 6x; \quad б)\, y = \frac{1}{\sqrt{3-5x}} + \arcsin 9x;$$

$$в)\, y = 7x^8 \cdot ctg\, 4x; \qquad г)\, y = \frac{\ln 2x}{e^{-x^2}}.$$

2. Вычислить производные сложной функции.

$$а)\, y = \frac{4}{(x+3)^2} - \sqrt[3]{3+4x-x^4}; \quad б)\, y = \sqrt{\arccos 5x} \cdot 7^{-\cos x};$$

$$в)\, y = ctg^3 5x \cdot \arccos 6x^3; \qquad г)\, y = \frac{arctg^2 3x}{\sqrt{tg\,5x}}.$$

3. Найти первую производную y'_x, если функция заданна неявно $\sin(x+y) - x^2 = y$.

4. Найти y' выполнив сначала логарифмирование указанной функции $y = \dfrac{\sqrt[4]{x+12} \cdot (x-13)}{\sqrt[13]{(x+15)^3}}$.

5. Найти производную y' функций.

$а)\, y = (7x)^{ctgx}; \quad б)\, y = \left(\sin(7x+4)\right)^{arcctgx}$.

6. Найти производную y'_x функции, заданной параметрически.

$$\begin{cases} x = t \cdot e^t, \\ y = \dfrac{t}{e^t}. \end{cases}$$

Тема 3. Производные и дифференциалы высших порядков. Правило Лопиталя

1. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -3} \frac{2x^2+5x-3}{x+3}, \quad б)\lim_{x\to \pi} (x-\pi) \cdot tg(\frac{x}{2}),$$

$$в)\lim_{x\to 1} \frac{x^2-1}{\ln x} \qquad г)\lim_{x\to 0} \frac{\ln(1+\sin x)}{\sin 4x},$$

2. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -2}\dfrac{3x^2+5x-2}{x+2}$, $б)\lim\limits_{x\to\frac{\pi}{2}}(\dfrac{x}{ctgx}-\dfrac{\pi}{2\cos x})$,

$в)\lim\limits_{x\to\pi}\dfrac{1+\cos 3x}{\sin 7x}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos 10x}{e^{x^2}-1}$,

3. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -\frac{1}{2}}\dfrac{6x^2+x-1}{x+1/2}$, $б)\lim\limits_{x\to 0}(x\ \ln x)$,

$в)\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{1+\cos \pi x}{tg\pi x}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{4x}{tg(\pi(2+x))}$,

4. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -\frac{1}{3}}\dfrac{9x^2-1}{x+1/3}$, $б)\lim\limits_{x\to 0}(1-e^x)\cdot ctgx$,

$в)\lim\limits_{x\to\infty}\dfrac{e^{2x}}{x^5}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{2x}{tg(2\pi(x+\frac{1}{2}))}$,

5. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -\frac{1}{3}}\dfrac{3x^2-2x-1}{x+1/3}$, $б)\lim\limits_{x\to 0}(1-\cos x)\cdot ctg\,2x$,

$в)\lim\limits_{x\to\pi}\dfrac{\cos\frac{x}{2}}{\sin x}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\cos^3 x}{4x^2}$.

6. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to 3}\dfrac{x^2-4x+3}{x-3}$, $б)\lim\limits_{x\to\infty}x\cdot\sin(\dfrac{6}{x})$,

$в)\lim\limits_{x\to 2}\dfrac{\sin 7\pi x}{\sin 8\pi x}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{2^x-1}{\ln(1+2x)}$.

7. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{1}{3}}\frac{6x^{21}-5x+1}{x-1/3},\qquad б)\lim_{x\to 0}\left(\frac{1}{x}-\frac{1}{e^{x}-1}\right),$$

$$в)\lim_{x\to 1}\frac{\sqrt{x^{2}-3x+3}-1}{\sin\pi x},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\arcsin 3x}{\sqrt{2+x}-\sqrt{2}}.$$

8. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to-\frac{7}{2}}\frac{2x^{2}+13x+21}{2x+7},\qquad б)\lim_{x\to 0}\arcsin x\cdot ctgx.$$

$$в)\lim_{x\to\pi}\frac{\ln x}{\sqrt{x}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{arctg\,2x}{\sin(2\pi 9x+10))}.$$

9. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{1}{3}}\frac{6x^{2}+x-1}{x-1/3},\qquad б)\lim_{x\to\infty}x^{3}\cdot e^{-x},$$

$$в)\lim_{x\to\frac{\pi}{2}}\frac{tgx}{tg\,4x},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\ln(1-7x)}{\arcsin 2x^{2}}.$$

10. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to 1}\frac{5x^{2}-4x-1}{x-1},\qquad б)\lim_{x\to 1}\ln x\cdot\ln(x-1),$$

$$в)\lim_{x\to\infty}\frac{\ln(x+2)}{\sqrt{x+3}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\cos(x+5\pi/2)}{\arcsin 2x^{2}}.$$

11. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to 3}\frac{4x^{2}-14x+6}{x-3},\qquad б)\lim_{x\to\infty}x^{4}\cdot e^{-5x},$$

$$в)\lim_{x\to 1}\frac{\ln x}{1-x^{2}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{9\ln(1-2x)}{4arctg\,3x}.$$

12. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to\frac{1}{2}}\dfrac{6x^2-x-1}{x-1/2}$, $б)\lim\limits_{x\to\frac{\pi}{2}}\arccos x\cdot tgx$,

$в)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{e^x-1}{\sin 2x}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{1-\sqrt{3x+1}}{\cos\left[\pi(x+1)/2\right]}$.

13. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to 2}\dfrac{3x^2-5x-2}{x-2}$, $б)\lim\limits_{x\to 5}(\dfrac{1}{x-5}-\dfrac{5}{x^2-x-20})$,

$в)\lim\limits_{x\to\pi}\dfrac{x^3-2x}{e^{2x}}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sin^2 7x}{x^2+\pi x}$.

14. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -1}\dfrac{7x^2+8x+1}{x+1}$, $б)\lim\limits_{x\to\infty}e^{-x}\cdot\ln x$,

$в)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\ln x}{tgx}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sqrt{4+x}-2}{3arctgx}$.

15. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to\frac{1}{2}}\dfrac{2x^2+3x-2}{x-1/2}$, $б)\lim\limits_{x\to 0}x^3\cdot\ln 3x$,

$в)\lim\limits_{x\to 1}\dfrac{\ln x}{ctg\dfrac{\pi x}{2}}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{2\sin(\pi(x+1))}{\ln(1+2x)}$.

16. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$а)\lim\limits_{x\to -\frac{7}{5}}\dfrac{10x^2+9x-7}{x+7/5}$, $б)\lim\limits_{x\to\infty}2x^2\cdot e^{-3x}$,

$в)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{5^x-1}{2^x-1}$, $г)\lim\limits_{x\to 0}\dfrac{\sqrt{1+x}-1}{\sin(\pi(x+2))}$.

17. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{5}{2}}\frac{2x^2-9x+10}{2x-5},\qquad б)\lim_{x\to\infty}\sin(\frac{2}{x})\cdot x^2,$$

$$в)\lim_{x\to\pi}\frac{1-x}{\cos\frac{\pi x}{2}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\sin(5(x+\pi))}{e^{3x}-1}.$$

18. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -3}\frac{6x^2-75x-39}{x+1/2},\qquad б)\lim_{x\to 1}(\frac{x}{x-1}-\frac{1}{\ln x}),$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{2^x-3^x}{x^2},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{1-\sqrt{\cos x}}{x\sin x}.$$

19. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to 11}\frac{2x^2-21x-11}{x-11},\qquad б)\lim_{x\to 0}x\cdot ctgx,$$

$$в)\lim_{x\to\infty}\frac{\ln x}{e^{2x}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\arccos 2x}{2^{-3x}-1}\cdot\ln 2.$$

20. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -7}\frac{2x^2+15x+7}{x+7},\qquad б)\lim_{x\to 0}x\cdot\ln x,$$

$$в)\lim_{x\to\frac{\pi}{2}}\frac{\cos x}{\ln\frac{2x}{\pi}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{e^{4x}-1}{\sin(\pi(x/2+1))}.$$

21. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{1}{3}}\frac{6x^2-x-1}{3x+1},\qquad б)\lim_{x\to 2}(\frac{1}{x-2}-\frac{3}{x^2-3x+2}),$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{e^{3x}-1}{x^4},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{1-\cos x}{(e^{3x}-1)^2}.$$

22. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{1}{2}}\frac{2x^2-5x+2}{x-1/2},\qquad б)\lim_{x\to\infty}e^{-8x}\cdot x^2,$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{1-e^{2x}}{x^3},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\sin^2 x-tgx}{x^4}.$$

23. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to-\frac{1}{3}}\frac{3x^2+17x-6}{x-1/3},\qquad б)\lim_{x\to\frac{\pi}{2}}ctgx\cdot tg^2x,$$

$$в)\lim_{x\to\infty}\frac{\ln 3x}{\sqrt[4]{x}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\arcsin 2x}{\ln(e-x)-1}.$$

24. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to\frac{1}{3}}\frac{15x^2-2x-1}{x-1/3},\qquad б)\lim_{x\to 1}\ln x\cdot tg(\frac{\pi x}{2}),$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{\sqrt[3]{x}}{e^{5x}-1},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{tgx-\sin x}{(1-\cos 2x)}.$$

25. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to 5}\frac{5x^2-24x-5}{x-5},\qquad б)\lim_{x\to\infty}tg\frac{3}{x}\cdot x,$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{tgx}{e^x-1},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\ln(x^2+1)}{1-\sqrt{x^2+1}}.$$

26. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to-4}\frac{2x^2+6x-8}{x+4},\qquad б)\lim_{x\to 0}(e^x-1)\cdot\ln x,$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{4^x-3^x}{x^3},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{tg(\pi(1+x/2))}{\ln(x+1)}.$$

27. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -5}\frac{x^2+2x-15}{x+5},\qquad б)\lim_{x\to \frac{\pi}{2}}(1-\sin x)\cdot tgx,$$

$$в)\lim_{x\to \frac{\pi}{2}}\frac{tg3x}{tg5x},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{2(e^{\pi x}-1)}{3(\sqrt[3]{1+x}-1}.$$

28. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to 10}\frac{5x^2-51x+10}{x-10},\qquad б)\lim_{x\to 0}(\cos\frac{x}{2}-1)\cdot ctgx,$$

$$в)\lim_{x\to \infty}\frac{\ln(x+4)}{\sqrt[3]{x-3}},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{2x\sin x}{1-\cos x}.$$

29. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -6}\frac{3x^2+17x-6}{x+6},\qquad б)\lim_{x\to 0}(e^{2x}-1)\cdot ctgx,$$

$$в)\lim_{x\to \infty}\frac{\sqrt[4]{x+2}}{\ln x},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\sqrt{\sin x}}{arctg\,2x}.$$

30. Найти пределы, используя правило Лопиталя.

$$а)\lim_{x\to -\frac{1}{5}}\frac{15x^2-2x-1}{x+1/5},\qquad б)\lim_{x\to 0}\arcsin 2x\cdot\ln x,$$

$$в)\lim_{x\to 0}\frac{2^x-2^{\sin x}}{x},\qquad г)\lim_{x\to 0}\frac{\ln(1-3x)}{2arctgx}.$$

Тема 4. Дифференцирование функции нескольких переменных. Производная по направлению. Градиент

Вариант 1

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sin\sqrt{\frac{y}{x^3}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \frac{z}{\sqrt{x^2+y^2}}$ в точке $M_0(0,-1,1)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^3 + y^3 + z^3 - 2xyz = 4$ в точке $M_0(2,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = ctg(xy^3)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 2

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = e^{-x^2y^3} + 2x$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\left(x + \frac{y}{2z}\right)$ в точке $M(1,2,1)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + y^2 + z^2 - xyz = 2$ в точке $M_0(-1,0,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = arctg(x^2 - 2y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 3

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \arcsin(2x^3y)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=\frac{y}{x}+\frac{z}{y}-\frac{x}{z}$ в точке M(1,1,2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $3x-2y+z-xz=5$ в точке $M_0(2,1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z=\cos\sqrt[3]{xy}$. Убедиться, что $z''_{xy}=z''_{yx}$.

Вариант 4

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z=\ln(y^2x-e^{xy})$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=\sin x\cdot y^z$ в точке M(π/6,1,2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $e^z+x+2y+z=3$ в точке $M_0(1,1,0)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z=tg\left(\frac{x}{y}\right)$. Убедиться, что $z''_{xy}=z''_{yx}$.

Вариант 5

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z=ctg(3x^2y-2^x)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=\ln\left(x^3+2y^3-z^3\right)$ в точке $M_0(2,1,0)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2+y^2+z^2-z-4=0$ в точке $M_0(1,1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \arccos(2x + 5y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 6

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = tg(\frac{2xy^3}{x+2})$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \frac{x}{\sqrt{y^2+z^2}}$ в точке M(1,0,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $z^3 - 3xyz + 3y = 7$ в точке $M_0(1,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{\sqrt{x^2-y}}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 7

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = arctg\left(\frac{x^3}{y^2}\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \sqrt[3]{y^2 + x + z^3}$ в точке M(3,4,2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $\cos^2 x + \cos^2 y + \cos^2 z = 3/2$ в точке $M_0(\pi/4, 3\pi/4, \pi/4)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \cos(x^2 y - 5y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 8

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \ln\left(\frac{5xy^2}{x+y}\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = arctg\left(xy^2 + z\right)$ в точке $M_0(2,1,0)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $e^{z-1} = \cos x \cdot \cos y + 1$ в точке $M_0(0, \pi/2, 1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{\cos(x+y)}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 9

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sin\sqrt{\frac{y}{x+y}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \frac{y}{\sqrt{x^2+y^2}}$ в точке M(-1,1,0). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + y^2 + z^2 - 6x = 0$ в точке $M_0(1,2,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \ln(2x^3 - 3y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 10

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \log_3\left(3xy^3 - e^{-y}\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \arcsin\left(\frac{x^2}{y} - z\right)$ в точке M(2,5,0). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $xy = z^2 - 1$ в точке $M_0(0,1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{3\sqrt{2x-3y}}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 11

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sin\frac{x+y}{x-y}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \sqrt{z}\cos\frac{y}{x}$ в точке M(2,0,4). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 - 2y^2 + 3z^2 - yz + y = 2$ в точке $M_0(1,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = ctg(x^3 y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 12

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \ln\left(\sqrt{xy} - x^2 y\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = arctg\left(\frac{xz}{y^2}\right)$ в точке $M_0(2,1,1)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + y^2 + z^2 + 2xz = 5$ в точке $M_0(0,2,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \cos(x^3 y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 13

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = e^{-\sqrt{xy-3x}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\sin\left(x - 2y + \frac{z}{4}\right)$ в точке $M(1,1/2,\pi)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x \cdot cosy + y \cdot \cos z + z \cdot \cos x = \pi/2$ в точке $M_0(0, \pi/2, \pi)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \arcsin(5x - y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 14

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \cos\left(y - \sqrt{xy^3}\right)$.

2.Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + y^2 - z^2}}$ в точке $M(1,2,2)$. Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $3x^2y^2 + 2xyz^2 - 2x^3z + 4y^3z = 0$ в точке $M_0(2,1,2)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{5x^3 - y^2}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 15

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = 4^{\sqrt{x^2 - xy^3}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x, y, z) = \ln(x + y^2) - xz$ в точке M(5,2,2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 - 2y^2 + z^2 - 4x + 2z + 2 = 0$ в точке $M_0(1,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \arcsin(5x^2 - y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 16

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = arctg\,\dfrac{xy^3 - 2y}{x}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x, y, z) = \sqrt{z} \cdot x^y$ в точке M(1,2,4). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x + y + z + 2 = xyz$ в точке $M_0(2,-1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = arctg\,(x^3 y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 17

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = arctg\,\dfrac{2x-y}{x^2}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\sin\left(x^2y+z^2\right)$ в точке M(0,0,π/4). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2+y^2+z^2-2xz=2$ в точке $M_0(0,1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \arccos(x-3y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 18

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \ln\left(\dfrac{5x-y^2}{y}\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \sqrt[4]{5x^3y+yz^2+z}$ в точке M(1,0,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $e^x - xyz - x - 1 = 0$ в точке $M_0(2,1,0)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \sin\sqrt[3]{xy^2}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 19

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = e^{xy^3-2x}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\left(\sqrt[5]{x} + \sqrt[4]{y} - z\right)$ в точке M(1,1,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^3 + 2xy^3 + z^3 - yz^2 + 15 = 0$ в точке $M_0(1,-1,2)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{\sin(x-y)}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 20

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sin\dfrac{x + y^2 x}{y}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \dfrac{z^2}{x^4 y + xy^2}$ в точке M(1,2,3). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 - 2xy - 3y^2 + 6x - 2y + z^2 - 8z + 20 = 0$ в точке $M_0(0,-2,2)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \ln(5x^3 - 2y)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 21

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = tg\dfrac{2xy - y^3}{x}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\left(x^3 + \sqrt{y} - z^2 y\right)$ в точке M(2,1,3). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + y^2 + z^2 = y - z + 3$ в точке $M_0(1,2,0)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = tg(xy^2 - 5x^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 22

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \arccos(xy^2 - 5y)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \dfrac{-2x}{\sqrt{y^3 + z^2 x}}$ в точке M(3,0,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + y^2 + z^2 + 2xy - yz - 4x - 3y - z = 0$ в точке $M_0(1,-1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = ctg\left(\dfrac{y}{x}\right)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 23

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \cos\dfrac{2xy}{e^x}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = ze^{-(x^2+y^2)}$ в точке M(0,0,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2 - y^2 - z^2 + 6z + 2x - 4y + 12 = 0$ в точке $M_0(0,1,-1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = arctg(5x^4 - 3y^3)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 24

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \ln\left(xy^3 - e^{-x}\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \dfrac{\sin\left(x - y^2\right)}{z}$ в точке M(π/2,π3,2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $\sqrt{x^2 + y^2} + z^2 - 3z = 3$ в точке M_0(4,3,1).

4. Найти вторые частные производные функции $z = \ln(2xy - y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 25

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = arctg\dfrac{e^{xy}}{x}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \sqrt{z}\cdot\ln\left(\sqrt{x} + \sqrt{y}\right)$ в точке M(4,1,4). Записать полные дифференциалы указанных функций.

2. Вычислить значения частных производных функции $x^2 + 2y^2 + 3z^2 = 60$ в точке M_0(3,1,4).

4.Найти вторые частные производные функции $z = \ln(5x - 8y^3)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 26

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sqrt{\dfrac{x^3 - xy}{e^y}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=\frac{xz}{x-y}$ в точке M(3,1,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^2+y^2+z^2-2xy-2xz-2yz=17$ в точке $M_0(-2,-1,2)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z=\cos\left(\frac{2x^3}{y}\right)$. Убедиться, что $z''_{xy}=z''_{yx}$.

Вариант 27

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z=arctg\sqrt{\frac{xy^2}{5x-y}}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=\sqrt{x^2+y^2-2xy\cos z}$ в точке M(3,4,π/2). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции $x^3+3xyz-z^3=27$ в точке $M_0(3,1,3)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z=tg(3x-5y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy}=z''_{yx}$.

Вариант 28

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z=\frac{5xy^3-x}{3y}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z)=ze^{-xy^2}$

в точке M(0,1,1). Записать полные дифференциалы указанных функций.

3. Вычислить значения частных производных функции lnz=x+2y-z+ln3 в точке $M_0(1,1,3)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \arcsin(2x - y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 29

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \arcsin\left(2xy^3 - y\right)$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \ln\cos\sqrt{x^2 + xy + yz}$ в точке M(0,0,π9). Записать полный дифференциал указанной функции.

3. Вычислить значения частных производных функции $2x^2+2y^2+z^2-8xz-z+6=0$ в точке $M_0(2,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = e^{\sqrt{x^3 - y^2}}$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Вариант 30

1. Найти частные производные и частные дифференциалы функции $z = \sqrt{\cos\left(5xy^3 - e^x\right)}$.

2. Вычислить значения частных производных $f'_x(M_0)$, $f'_y(M_0)$, $f'_z(M_0)$ для функции $f(x,y,z) = \arccos\left(x\sqrt{y}\right) - yz^2$ в точке M(0,4,1). Записать полный дифференциал указанной функции.

3. Вычислить значения частных производных функции $z^2=xy-z+x^2-4$ в точке $M_0(2,1,1)$.

4. Найти вторые частные производные функции $z = \ln(3x^3 - 4y^2)$. Убедиться, что $z''_{xy} = z''_{yx}$.

Тема 5. Первообразная функции и неопределенный интеграл. Табличное интегрирование. Интегрирование посредством замены переменной. Интеграл от функций, содержащих квадратный трехчлен. Интегрирование по частям. Интегрирование некоторых иррациональных функций. Интегрирование тригонометрических функций»

Вариант 1

1. $\int \frac{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x}}{\sqrt[6]{x}}dx$
2. $\int e^{\frac{x}{3}}dx$
3. $\int \frac{e^x dx}{3+4e^x}$
4. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-5x^2}}$
5. $\int \frac{\arccos^3 x}{\sqrt{1-x^2}}dx$
6. $\int 4^{ctgx}\frac{dx}{\sin^2 x}$
7. $\int x5^x dx$
8. $\int x^2 \sin xdx$
9. $\int arctgxdx$
10. $\int \frac{dx}{x^2+x-1}$
11. $\int \frac{xdx}{\sqrt{3-2x-x^2}}$
12. $\int \frac{5x+2}{x^2+2x+10}dx$
13. $\int \sin 2x\cos 5xdx$
14. $\int \sin^4 3xdx$
15. $\int \sin^3 2xdx$
16. $\int ctg^4 xdx$
17. $\int \frac{\sqrt{x}dx}{\sqrt{x}+1}$
18. $\int \frac{dx}{3\sin x+4\cos x+5}$

Вариант 2

1. $\int \frac{dx}{\sin^2 x\cdot\cos^2 x}$
2. $\int \frac{dx}{\sin^2 x\cdot\sqrt[4]{ctgx}}$
3. $\int x^2\sqrt[5]{x^3+2}dx$
4. $\int \frac{e^{arctgx}}{1+x^2}dx$
7. $\int \arccos 2xdx$
8. $\int x^3 \ln xdx$
9. $\int (x+3)\cos xdx$
10. $\int \frac{dx}{3x^2+4x+1}$
13. $\int \sin 6x\cos 2xdx$
14. $\int \sin^3 x\cos^2 xdx$
15. $\int \frac{\sin^4 xdx}{\cos^2 x}$
16. $\int tg^8 xdx$

5. $\int \frac{1-\sin x}{x+\cos x} x dx$

6. $\int \frac{x dx}{\sin^2 x^2}$

11. $\int \frac{dx}{\sqrt{6-4x-2x^2}}$

12. $\int \frac{x+2}{x^2+2x+5} dx$

17. $\int \frac{\sqrt{x}-1}{\sqrt[3]{x}+1} dx$

18. $\int \frac{2-\sin x}{2+\cos x} dx$

Вариант 3

1. $\int (e^{\frac{x}{3}}+1)^2 e^{\frac{x}{3}} dx$

2. $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{1-e^{2x}}}$

3. $\int \frac{dx}{5x^2-4}$

4. $\int \frac{\sqrt{2+\ln x}}{x} dx$

5. $\int \frac{dx}{\sqrt{16-3x^2}}$

6. $\int \frac{\arcsin x dx}{\sqrt{1-x^2}}$

7. $\int arctgx dx$

8. $\int xe^{2x} dx$

9. $\int x \ln(x-2) dx$

10. $\int \frac{x dx}{x^2+4x+8}$

11. $\int \frac{(3x-1)dx}{3x^2+12x+1}$

12. $\int \frac{x dx}{\sqrt{1-x-x^2}}$

13. $\int \cos^3 x \sin^3 x dx$

14. $\int \sin^4 2x dx$

15. $\int \cos 6x \cos 2x dx$

16. $\int tg^2 7x dx$

17. $\int \frac{dx}{5\sin x+\cos x}$

18. $\int \frac{8+\sqrt{1+x}}{\sqrt[3]{1+x}}$

Вариант 4

1. $\int \sqrt{5+2x} dx$

2. $\int x^3 \cos x^4 dx$

3. $\int tge^x e^x dx$

4. $\int e^{\frac{-1}{x}} \frac{dx}{x^2}$

5. $\int \frac{\sin x dx}{\cos x+7}$

7. $\int (2x+7)e^{-x} dx$

8. $\int x^5 \ln x dx$

9. $\int x \sin x dx$

10. $\int \frac{dx}{x^2+7x+5}$

11. $\int \frac{(3x-1)dx}{\sqrt{x^2+4x-3}}$

13. $\int \cos 7x \sin 9x dx$

14. $\int \cos^2 13x dx$

15. $\int \sin^3 5x dx$

16. $\int tg^2 \frac{x}{2} dx$

17. $\int \frac{dx}{5+3\sin x}$

6. $\int \sqrt{\cos x}\sin x dx$

12. $\int \frac{dx}{\sqrt{3x^2+4x-2}}$

18. $\int \frac{\sqrt{x}dx}{\sqrt[3]{x^2}+\sqrt[4]{x}}$

Вариант 5

1. $\int x\sqrt[5]{5-x^2}dx$

2. $\int \frac{x^3 dx}{x^8+5}$

3. $\int \frac{arctg^7 x}{1+x^2}dx$

4. $\int \frac{x^5 dx}{\sqrt{x^6+7}}$

5. $\int \frac{1-\sin 5x}{\cos^2 5x}dx$

6. $\int \frac{dx}{\sqrt{4-3x^2}}$

7. $\int (x+1)\sin 3x dx$

8. $\int \arcsin 5x dx$

9. $\int (x+1)\ln x dx$

10. $\int \frac{dx}{5x^2-2x+1}$

11. $\int \frac{xdx}{\sqrt{1-3x-x^2}}$

12. $\int \frac{(x+4)dx}{x^2-8x+1}$

13. $\int \cos 4x\cos 2x dx$

14. $\int \sin^3 2x\cos^3 2x dx$

15. $\int \sin^4 2x dx$

16. $\int ctg^2 4x dx$

17. $\int \frac{dx}{\cos x+\sin x-1}$

18. $\int \frac{dx}{\sqrt{x+5}+4}$

Вариант 6

1. $\int \frac{xdx}{(1+x^2)^4}$

2. $\int \frac{\cos x dx}{\sqrt{\sin x}}$

3. $\int \frac{dx}{\sqrt{2-3x^2}}$

4. $\int ctg^5 3x\frac{dx}{\sin^2 3x}$

5. $\int tg(3x-1)dx$

7. $\int xe^{-2x}dx$

8. $\int (2x+3)\cos x dx$

9. $\int x\cdot arctgx dx$

10. $\int \frac{dx}{2x^2-3x+4}$

11. $\int \frac{(3-7x)dx}{3-8x-4x^2}$

13. $\int \sin 3x\sin 4x dx$

14. $\int \sin^2 3x dx$

15. $\int \frac{\sin^3 xdx}{\cos^2 x}$

16. $\int tg^7 x dx$

17. $\int \frac{x+\sqrt[3]{x^2}+\sqrt[6]{x}}{x+(1+\sqrt[3]{x})}dx$

6. $\int e^{\sin^2 x} \sin 2x dx$

12. $\int \frac{x+4}{\sqrt{3x-4+x^2}}$

18. $\int \frac{\sin x dx}{1+\sin x}$

Вариант 7

1. $\int \sqrt[3]{2-4x^2}\, x dx$

2. $\int \frac{\cos x dx}{\sqrt{3-\sin^2 x}}$

3. $\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^6+5}}$

4. $\int (tgx+5)^4 \frac{dx}{\cos^2 x}$

5. $\int \frac{\arcsin^3 x dx}{\sqrt{1-x^2}}$

6. $\int \frac{dx}{(\ln^2 x+9)x}$

7. $\int x \cos 4x dx$

8. $\int x 4^x dx$

9. $\int x^2 \ln x dx$

10. $\int \frac{dx}{4x^2+4x-3}$

11. $\int \frac{x dx}{x^2-6x+13}$

12. $\int \frac{dx}{\sqrt{7+6x-3x^2}}$

13. $\int \sin 2x \cos 3x dx$

14. $\int \cos^2 3x \sin^2 3x dx$

15. $\int \sin^3 6x dx$

16. $\int tg^4 x dx$

17. $\int \frac{dx}{5-\sin x}$

18. $\int \frac{\sqrt{x} dx}{\sqrt{x}-3\sqrt[4]{x}}$

Вариант 8

1. $\int tg(3x+4) dx$

2. $\int \frac{x dx}{\sqrt{5x^2-1}}$

3. $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{e^{2x}+4}}$

4. $\int x 9^{x^2} dx$

5. $\int \frac{\sqrt{\arcsin x}}{1-x^2} dx$

7. $\int x e^{4x} dx$

8. $\int x^2 \cos 3x dx$

9. $\int x^3 \ln x dx$

10. $\int \frac{x dx}{\sqrt{4x^2+8x-3}}$

11. $\int \frac{dx}{\sqrt{7+3x-x^2}}$

13. $\int \cos 4x \cos x dx$

14. $\int \frac{\cos^2 x}{\sin^4 x} dx$

15. $\int \cos^2 2x dx$

16. $\int \sin^3 x \sqrt[5]{\cos x} dx$

17. $\int x\sqrt{3+x} dx$

6. $\int \frac{dx}{(1+9x^2)arctg^3 3x}$ 12. $\int \frac{(3x-5)dx}{3x^2+5x+2}$ 18. $\int \frac{dx}{2-\cos x}$

Вариант 9

1. $\int \frac{\cos x dx}{4\sqrt{\sin^3 x}}$ 7. $\int x^2 e^{3x} dx$ 13. $\int \sin 4x \sin 6x dx$

2. $\int \frac{\sqrt{tg}x}{\cos^2 x} dx$ 8. $\int x \cos 3x dx$ 14. $\int \sin^3 x \cos^2 x dx$

3. $\int \cos\sqrt{x} \frac{dx}{\sqrt{x}}$ 9. $\int arctg \frac{x}{3} dx$ 15. $\int \sin^2 \frac{x}{2} \cos^2 \frac{x}{2} dx$

4. $\int \frac{dx}{\sin^2 x\sqrt{ctgx}}$ 10. $\int \frac{dx}{3x^2+6x+10}$ 16. $\int ctg^4 \frac{x}{2} dx$

5. $\int \frac{\sqrt{x}+\ln x}{x} dx$ 11. $\int \frac{(5x-3)dx}{x^2+4x+3}$ 17. $\int \frac{dx}{2\cos x-\sin x}$

6. $\int \frac{2^x dx}{\sqrt{1-4^x}}$ 12. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2+6x+17}}$ 18. $\int \frac{dx}{\sqrt{x}-\sqrt[3]{x}}$

Вариант 10

1. $\int \frac{\sin 3x dx}{\sqrt{\cos 3x}}$ 7. $\int x \sin \frac{x}{7} dx$ 13. $\int \sin 8x \sin x dx$

2. $\int ctg \frac{1}{x} \frac{dx}{x^2}$ 8. $\int \ln(x-5) dx$ 14. $\int \sin^4 x \cos^5 x dx$

3. $\int \frac{e^{arctgx}}{1+x^2} dx$ 9. $\int arctg 2x dx$ 15. $\int \cos^2 3x dx$

4. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x^2}\arcsin x}$ 10. $\int \frac{dx}{\sqrt{6x^2-4x+1}}$ 16. $\int tg^2 3x dx$

5. $\int \frac{x^2 dx}{5+x^6}$ 11. $\int \frac{(x+2)dx}{7x^2+2x-1}$ 17. $\int \frac{dx}{\sin x+\cos x}$

6. $\int \frac{x^2 dx}{3x^3 - 1}$

12. $\int \frac{3dx}{x^2 + 8x - 4}$

18. $\int \frac{\sqrt{x}dx}{\sqrt{x} + 5}$

Вариант 11

1. $\int \frac{x^3 dx}{\sqrt[3]{x^4 + 1}}$

2. $\int \sin^5 3x \cos 3x dx$

3. $\int \frac{x^4 dx}{x^5 + 7}$

4. $\int \frac{dx}{x \ln^7 x}$

5. $\int e^{x^2+7x+5}(2x + 7)dx$

6. $\int \sin x^3 x^2 dx$

7. $\int (x^2 + 2x + 3)\cos x dx$

8. $\int x \ln^2 x dx$

9. $\int x arctg\, 2x dx$

10. $\int \frac{2x + 3}{x^2 - 5x + 7} dx$

11. $\int \frac{2x - 8}{\sqrt{1 - x - x^2}} dx$

12. $\int \frac{dx}{3x^2 - 6x + 5}$

13. $\int \sin \frac{1}{4} x \cos \frac{3}{4} x dx$

14. $\int \frac{\cos x}{\sin^2 x} dx$

15. $\int \cos^2 13x dx$

16. $\int ctg^2 4x dx$

17. $\int \frac{dx}{4\sin x + 3\cos x + 5}$

18. $\int \frac{\sqrt{x+1} + 1}{\sqrt{x+1} - 1} dx$

Вариант 12

1. $\int \cos^6 5x \sin 5x dx$

2. $\int \frac{\arcsin^3 2x}{\sqrt{1 - 4x^2}} dx$

3. $\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{3 - 5x^6}}$

4. $\int \frac{\sqrt[5]{\ln^4 (3x + 1)}}{3x + 1} dx$

5. $\int 2^{\sin^2 4x} \sin 8x dx$

7. $\int (x + 1)\sin 3x dx$

8. $\int (x + 1)\ln x dx$

9. $\int \arcsin 5x dx$

10. $\int \frac{dx}{x^2 + 6x + 25}$

11. $\int \frac{dx}{\sqrt{1 + x + x^2}}$

13. $\int \sin 5x \cos 3x dx$

14. $\int \cos^4 5x dx$

15. $\int \sin^5 4x dx$

16. $\int \frac{dx}{\sqrt{x} + \sqrt[3]{x^2}}$

17. $\int ctg^3 3x dx$

6. $\int \frac{x^3 dx}{x^8 - 9}$

12. $\int \frac{(5x-3)dx}{\sqrt{2x^2+8x+1}}$

18. $\int \frac{dx}{3+5\cos x}$

Вариант 13

1. $\int \frac{e^{3\sqrt{x}}}{\sqrt{x}}$

2. $\int \frac{x^3 dx}{x^4+7}$

3. $\int \frac{3^{tg5x}}{\cos^2 5x} dx$

4. $\int \frac{dx}{x(9-\ln^2 x)}$

5. $\int \frac{dx}{\sin^2 x\sqrt{ctgx}}$

6. $\int \frac{\arcsin^3 x dx}{\sqrt{1-x^2}}$

7. $\int (x^2+1)e^x dx$

8. $\int x\sin x dx$

9. $\int (4x-13)\cos\frac{x}{2} dx$

10. $\int \frac{xdx}{x^2+3x+7}$

11. $\int \frac{(3-x)dx}{\sqrt{x^2+4x+5}}$

12. $\int \frac{(x+3)dx}{x^2+2x+10}$

13. $\int \sin^2 3x\cos^2 3x dx$

14. $\int \sin 7x\cos 9x dx$

15. $\int \cos^5 \frac{x}{2} dx$

16. $\int tg^4 x dx$

17. $\int \frac{dx}{\cos x+3\sin x}$

18. $\int \frac{dx}{\sqrt[3]{x}+3}$

Вариант 14

1. $\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^6-2}}$

2. $\int \cos^2\frac{x}{2}\sin\frac{x}{2} dx$

3. $\int x\cos(1-x^2)dx$

4. $\int \frac{\sin x dx}{1-7\cos x}$

5. $\int x^2(9+x^3)dx$

6. $\int \frac{\ln^3 x dx}{x}$

7. $\int (4x-13)\cos x dx$

8. $\int x arctgx dx$

9. $\int xe^{5x} dx$

10. $\int \frac{dx}{x^2-x-30}$

11. $\int \frac{x+3}{\sqrt{3+4x+4x^2}} dx$

12. $\int \frac{xdx}{2x^2+2x+5}$

13. $\int \cos 4x\cos 2x dx$

14. $\int \cos^3\frac{x}{5} dx$

15. $\int \cos^2 3x dx$

16. $\int tg^8 x dx$

17. $\int \frac{dx}{8-4\sin x+7\cos x}$

18. $\int \frac{x+\sqrt{1+x}}{\sqrt[3]{1+x}} dx$

Вариант 15

1. $\int \frac{(2\ln x+3)^2}{x}dx$
2. $\int x^4\sqrt[5]{3x^5-7}dx$
3. $\int \sin^5 4x\cos 4xdx$
4. $\int \frac{5x^2}{1+x^3}dx$
5. $\int e^{\sqrt{x^2-3}}\frac{xdx}{\sqrt{x^2-3}}$
6. $\int \frac{\arcsin xdx}{\sqrt{1-x^2}}$
7. $\int \arccos 6xdx$
8. $\int (3x^2-8)\ln xdx$
9. $\int e^x(x+2)dx$
10. $\int \frac{dx}{7+8x-3x^2}$
11. $\int \frac{3-x}{2x^2-5x-11}dx$
12. $\int \frac{xdx}{\sqrt{7x^2+6x-14}}$
13. $\int \cos^4 3xdx$
14. $\int tg^4\frac{x}{2}dx$
15. $\int \cos 6x\sin 5xdx$
16. $\int \frac{\cos^5 2x}{\sin 2x}dx$
17. $\int \frac{\sqrt[6]{x}+1}{x\sqrt[4]{x}+\sqrt[6]{x}}dx$
18. $\int \frac{\sin xdx}{2+\sin x}$

Вариант 16

1. $\int \frac{\arcsin^4 xdx}{\sqrt{1-x^2}}$
2. $\int \frac{xdx}{(x^2+5)^{\frac{3}{2}}}$
3. $\int \frac{xdx}{\sqrt{1-4x^2}}$
4. $\int \frac{7^x dx}{7^{2x}+5}$
5. $\int \cos x^2 xdx$
6. $\int \frac{\sin 2xdx}{(1+\cos 2x)^5}$
7. $\int arctgxdx$
8. $\int xe^{3x}dx$
9. $\int x\sin 5xdx$
10. $\int \frac{dx}{2x^2+8x-1}$
11. $\int \frac{xdx}{\sqrt{5+3x-x^2}}$
12. $\int \frac{(3x-1)dx}{\sqrt{x^2+2x-1}}$
13. $\int \cos^3 xdx$
14. $\int \sin^4 xdx$
15. $\int \sin 8x\sin 10xdx$
16. $\int \frac{dx}{2+3\sin x}$
17. $\int ctg^3 3xdx$
18. $\int \frac{x+\sqrt{1+x}}{\sqrt[3]{1+x}}dx$

Вариант 17

1. $\int \frac{dx}{12x+5}$
2. $\int \frac{x^3 dx}{x^8+16}$
3. $\int ctg^3 3x \frac{dx}{\sin^2 3x}$
4. $\int \frac{x^2 dx}{7-x^6}$
5. $\int \frac{\ln^2 x}{x} dx$
6. $\int e^{\arccos 3x} \frac{dx}{\sqrt{1-9x^2}}$
7. $\int x^2 e^{4x} dx$
8. $\int x \cos 3x dx$
9. $\int \arcsin 2x dx$
10. $\int \frac{(x+7)dx}{x^2+8x-5}$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{1-x-3x^2}}$
12. $\int \frac{dx}{4x^2+3x-2}$
13. $\int \sin\frac{x}{3}\cos\frac{x}{3} dx$
14. $\int (1-\sin^5 x)\cos^3 x dx$
15. $\int \cos^2 4x dx$
16. $\int tg^2 7x dx$
17. $\int \frac{\cos x dx}{1+\cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x}dx}{1+\sqrt{x}}$

Вариант 18

1. $\int \frac{xdx}{3x^2+5}$
2. $\int e^{-(x^2+5)} x dx$
3. $\int 2^{\frac{1}{x}} \frac{1}{x^2} dx$
4. $\int x \sin(2-x^2) dx$
5. $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{e^{2x}-16}}$
6. $\int \frac{x^2 dx}{x^6+16}$
7. $\int x 5^{-x} dx$
8. $\int (x+3)\sin x dx$
9. $\int x arctg 2x dx$
10. $\int \frac{xdx}{\sqrt{5+x-x^2}}$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{2x^2-x+2}}$
12. $\int \frac{(2x+3)dx}{5x^2+x-7}$
13. $\int \cos^5 x dx$
14. $\int \sin^2 x \cos^4 x dx$
15. $\int tg^2 5x dx$
16. $\int \sin 7x \cos 3x dx$
17. $\int \frac{dx}{2\sin x - \cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x+1}+1}{\sqrt{x+1}-1} dx$

Вариант 19

1. $\int \sqrt{\cos x}\sin x dx$
2. $\int \frac{xdx}{\sin^2 x^2}$
3. $\int (e^{\frac{x}{3}}+1)^2 e^{\frac{x}{3}} dx$
4. $\int \frac{\arcsin dx}{\sqrt{1-x^2}}$
5. $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{1-e^{2x}}}$
6. $\int \frac{xdx}{\sqrt{x^2-3}}$
7. $\int x\ln(x-2)dx$
8. $\int arctgxdx$
9. $\int (x-2)e^{2x} dx$
10. $\int \frac{xdx}{x^2+4x+3}$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-4x+5}}$
12. $\int \frac{(3x-1)dx}{3x^2+12+1}$
13. $\int \cos^3 x\sin^2 xdx$
14. $\int \cos 2x\sin 3xdx$
15. $\int \sin^4 2xdx$
16. $\int tg^2 7xdx$
17. $\int \frac{dx}{5\sin x+\cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt[6]{x}+1}{x\sqrt[4]{x}+\sqrt[6]{x}} dx$

Вариант 20

1. $\int \frac{(2\ln x+3)^2}{x} dx$
2. $\int x^4\sqrt[5]{3x^5-7}dx$
3. $\int \frac{5x^2}{1+x^3} dx$
4. $\int \sin^5 4x\cos 4xdx$
5. $\int \frac{2xdx}{\sqrt{5-4x^2}}$
6. $\int \frac{8x}{2x^2+1} dx$
7. $\int (2x^2-1)\ln xdx$
8. $\int \arccos 6xdx$
9. $\int x\cdot e^{3x} dx$
10. $\int \frac{2x+2}{x^2+2x-3} dx$
11. $\int \frac{dx}{9x^2-4x+9}$
12. $\int \frac{3x-5}{\sqrt{8x^2-x-3}} dx$
13. $\int \sin 3x\cos xdx$
14. $\int \sin^2 2x\cos^2 2xdx$
15. $\int \sin^3 3x\cos^4 3xdx$
16. $\int tg^4 \frac{x}{2} dx$
17. $\int \frac{1-\sqrt{x}}{(1+\sqrt[3]{x})\cdot\sqrt{x}} dx$
18. $\int \frac{dx}{4\sin x+3\cos x}$

Вариант 21

1. $\int \frac{\cos 2x}{\sin^3 2x}dx$
2. $\int \frac{xdx}{\sqrt{5-3x^2}}$
3. $\int \sqrt[3]{(1+x)^2}\,dx$
4. $\int \frac{e^x}{\sqrt{e^{2x}+4}}dx$
5. $\int \frac{3xdx}{4x^2+1}$
6. $\int \frac{\ln x}{\sqrt{1-\ln x}}\cdot\frac{dx}{x}$
7. $\int x\cdot\cos 3xdx$
8. $\int x\cdot arctg\,4xdx$
9. $\int x^7\cdot\ln xdx$
10. $\int \frac{1}{7x^2-3x+6}dx$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{2-5x-3x^2}}$
12. $\int \frac{4x+2}{7x^2-3x+1}dx$
13. $\int \sin 5x\cdot\sin 6xdx$
14. $\int \cos^6 3xdx$
15. $\int \sin^3 5xdx$
16. $\int tg^2 2xdx$
17. $\int \frac{\sqrt[4]{x}+\sqrt{x}}{1+\sqrt{x}}dx$
18. $\int \frac{dx}{2\sin x-\cos x}$

Вариант 22

1. $\int \frac{\sin 3x}{\cos^4 3x}dx$
2. $\int \frac{3-\sin^3 x}{\sin^2 x}dx$
3. $\int \frac{4x}{\sqrt{3-4x^2}}dx$
4. $\int \frac{e^{\arcsin x}}{\sqrt{1-x^2}}dx$
5. $\int \frac{e^x dx}{4e^{2x}+1}$
6. $\int \frac{1}{\sqrt{1-\ln x}}\cdot\frac{dx}{x}$
7. $\int x\cdot\sin 5xdx$
8. $\int \arcsin\,4xdx$
9. $\int x^4\cdot\ln 5xdx$
10. $\int \frac{5x-1}{4x^2-x-2}dx$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{4-8x-6x^2}}$
12. $\int \frac{1}{8x^2-9x-2}dx$
13. $\int \cos^3 x\cdot\sin^8 xdx$
14. $\int \cos 3x\cdot\sin 5xdx$
15. $\int (\cos x+3)^2\,dx$
16. $\int tg^4 3xdx$
17. $\int \frac{\sqrt[3]{x^2}+\sqrt[6]{x}}{\sqrt[3]{x}+\sqrt{x}}dx$
18. $\int \frac{dx}{4+3\cos x}$

Вариант 23

1. $\int \frac{\cos x dx}{\sqrt{\sin x}}$
2. $\int \frac{5x^2 dx}{\sqrt[5]{4-6x^3}}$
3. $\int \frac{e^{arctgx}}{1+x^2} dx$
4. $\int \frac{dx}{(1+9x^2)arctg^3 3x}$
5. $\int \frac{x^2 dx}{5+x^6}$
6. $\int \frac{x^2 dx}{3x^3-1}$
7. $\int x \sin \frac{x}{7} dx$
8. $\int \ln(x-5) dx$
9. $\int arctg 2x dx$
10. $\int \frac{(x+4)dx}{x^2-8x+1}$
11. $\int \frac{xdx}{\sqrt{1-3x-x^2}}$
12. $\int \frac{dx}{x^2+8x-4}$
13. $\int \sin 8x \cos 3x dx$
14. $\int \sin^3 2x \cos^3 2x dx$
15. $\int \cos^2 3x dx$
16. $\int tg^2 3x dx$
17. $\int \frac{dx}{\sin x + \cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x}dx}{\sqrt{x}+5}$

Вариант 24

1. $\int \cos^6 5x \sin 5x dx$
2. $\int \frac{\arcsin^3 2x}{\sqrt{1-4x^2}} dx$
3. $\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{3-5x^6}}$
4. $\int \frac{dx}{x \ln^7 x}$
5. $\int e^{x^2+7x+5}(2x+7)dx$
6. $\int \sin x^3 x^2 dx$
7. $\int (x^2+2x+3)\cos x dx$
8. $\int (x+1)\ln x dx$
9. $\int \arcsin 5x dx$
10. $\int \frac{dx}{3x^2-6x+5}$
11. $\int \frac{2x-8}{\sqrt{1-x-x^2}} dx$
12. $\int \frac{dx}{\sqrt{1+x+x^2}}$
13. $\int \sin 5x \cos 3x dx$
14. $\int \cos^4 5x dx$
15. $\int \sin^5 4x dx$
16. $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x^2}}$
17. $\int ctg^3 3x dx$
18. $\int \frac{dx}{3+5\cos x}$

Вариант 25

1. $\int \frac{x^2 dx}{\sqrt{x^6 - 2}}$
2. $\int \cos^2 \frac{x}{2} \sin \frac{x}{2} dx$
3. $\int x \cos(1 - x^2) dx$
4. $\int \frac{dx}{x(9 - \ln^2 x)}$
5. $\int \frac{dx}{\sin^2 x \sqrt{ctgx}}$
6. $\int \frac{\arcsin^3 x dx}{\sqrt{1 - x^2}}$
7. $\int (x^2 + 1) e^x dx$
8. $\int x \sin x dx$
9. $\int (4x - 13) \cos \frac{x}{2} dx$
10. $\int \frac{dx}{x^2 - x - 30}$
11. $\int \frac{x + 3}{\sqrt{3 + 4x + 4x^2}} dx$
12. $\int \frac{x dx}{2x^2 + 2x + 5}$
13. $\int \cos 4x \cos 2x dx$
14. $\int \cos^3 \frac{x}{5} dx$
15. $\int \cos^2 3x dx$
16. $\int tg^4 x dx$
17. $\int \frac{dx}{\cos x + 3 \sin x}$
18. $\int \frac{dx}{\sqrt[3]{x} + 3}$

Вариант 26

1. $\int \frac{\arcsin^4 x dx}{\sqrt{1 - x^2}}$
2. $\int \frac{x dx}{(x^2 + 5)^{\frac{3}{2}}}$
3. $\int \frac{x dx}{\sqrt{1 - 4x^2}}$
4. $\int \frac{5x^2}{1 + x^3} dx$
5. $\int e^{\sqrt{x^2 - 3}} \frac{x dx}{\sqrt{x^2 - 3}}$
6. $\int \frac{\arcsin x dx}{\sqrt{1 - x^2}}$
7. $\int arctgx dx$
8. $\int x e^{3x} dx$
9. $\int x \sin 5x dx$
10. $\int \frac{dx}{7 + 8x - 3x^2}$
11. $\int \frac{3 - x}{2x^2 - 5x - 11} dx$
12. $\int \frac{x dx}{\sqrt{7x^2 + 6x - 14}}$
13. $\int \cos^4 3x dx$
14. $\int tg^4 \frac{x}{2} dx$
15. $\int \sin 8x \sin 10x dx$
16. $\int \frac{\cos^5 2x}{\sin 2x} dx$
18. $\int \frac{x + \sqrt{1 + x}}{\sqrt[3]{1 + x}} dx$
16. $\int \frac{dx}{2 + 3 \sin x}$

Вариант 27

1. $\int \frac{xdx}{3x^2+5}$
2. $\int e^{-(x^2+5)}xdx$
3. $\int 2^{\frac{1}{x}}\frac{1}{x^2}dx$
4. $\int x\sin(2-x^2)dx$
5. $\int \frac{e^x dx}{\sqrt{e^{2x}-16}}$
6. $\int \frac{\ln^3 xdx}{x}$
7. $\int x^2 e^{4x}dx$
8. $\int x\cos 3xdx$
9. $\int \arcsin 2xdx$
10. $\int \frac{xdx}{\sqrt{5+x-x^2}}$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{2x^2-x+2}}$
12. $\int \frac{(2x+3)dx}{5x^2+x-7}$
13. $\int \sin\frac{x}{3}\cos\frac{x}{3}dx$
14. $\int (1-\sin^5 x)\cos^3 xdx$
15. $\int \cos^2 4xdx$
16. $\int tg^2 7xdx$
17. $\int \frac{dx}{2\sin x-\cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x+1}+1}{\sqrt{x+1}-1}dx$

Вариант 28

1. $\int \frac{xdx}{3x^2+5}$
2. $\int \frac{xdx}{\sin^2 x^2}$
3. $\int (e^{\frac{x}{3}}+1)^2 e^{\frac{x}{3}}dx$
4. $\int \frac{\arcsin dx}{\sqrt{1-x^2}}$
5. $\int x^4\sqrt[5]{3x^5-7}dx$
6. $\int \frac{xdx}{\sqrt{x^2-3}}$
7. $\int x5^{-x}dx$
8. $\int (x+3)\sin xdx$
9. $\int xarctg2xdx$
10. $\int \frac{xdx}{x^2+4x+3}$
11. $\int \frac{dx}{\sqrt{x^2-4x+5}}$
12. $\int \frac{(3x-1)dx}{3x^2+12+1}$
13. $\int \cos^3 x\sin^2 xdx$
14. $\int \cos 2x\sin 3xdx$
15. $\int \sin^4 2xdx$
16. $\int tg^2 7xdx$
17. $\int \frac{dx}{2\sin x-\cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x+1}+1}{\sqrt{x+1}-1}dx$

Вариант 29

1. $\int ctg\frac{1}{x}\frac{dx}{x^2}$
2. $\int \sin^5 3x\cos 3xdx$
3. $\int \frac{x^2dx}{5+x^6}$
4. $\int \frac{dx}{x\ln^7 x}$
5. $\int e^{x^2+7x+5}(2x+7)dx$
6. $\int \sin x^3 x^2 dx$
7. $\int x\sin\frac{x}{7}dx$
8. $\int \ln(x-5)dx$
9. $\int arctg2xdx$
10. $\int \frac{2x+3}{x^2-5x+7}dx$
11. $\int \frac{2x-8}{\sqrt{1-x-x^2}}dx$
12. $\int \frac{dx}{3x^2-6x+5}$
13. $\int \sin 8x\sin xdx$
14. $\int \sin^4 x\cos^5 xdx$
15. $\int \cos^2 3xdx$
16. $\int ctg^2 4xdx$
17. $\int \frac{dx}{\sin x+\cos x}$
18. $\int \frac{\sqrt{x+1}+1}{\sqrt{x+1}-1}dx$

Вариант 30

1. $\int \cos^6 5x\sin 5xdx$
2. $\int \frac{x^3dx}{x^4+7}$
3. $\int \frac{3^{tg5x}}{\cos^2 5x}dx$
4. $\int \frac{dx}{x(9-\ln^2 x)}$
5. $\int \frac{x^2dx}{\sqrt{3-5x^6}}$
6. $\int \frac{\arcsin^3 xdx}{\sqrt{1-x^2}}$
7. $\int (x+1)\sin 3xdx$
8. $\int (x+1)\ln xdx$
9. $\int \arcsin 5xdx$
10. $\int \frac{xdx}{x^2+3x+7}$
11. $\int \frac{(3-x)dx}{\sqrt{x^2+4x+5}}$
12. $\int \frac{dx}{x^2+2x+10}$
13. $\int \cos^4 5xdx$
14. $\int \sin 7x\cos 9xdx$
15. $\int \cos^5\frac{x}{2}dx$
16. $\int tg^4 xdx$
17. $\int \frac{dx}{\cos x+3\sin x}$
18. $\int \frac{dx}{\sqrt{x}+\sqrt[3]{x^2}}$

Тема 6. Вычисление криволинейных интегралов. Геометрические и механические приложения криволинейных интегралов

1. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x-y)^2\,dx + (x+y)^2\,dy$, если К – ломаная OAB, где O(0,0),A(2,0), B(4,2).

2. Вычислить криволинейный интеграл $\int_{AB} (x^2 - y^2)dx + xydy$, если путь от A(1,1) до B(3,4) – отрезок прямой.

3. Вычислить криволинейный интеграл $\int_{AB} (x^2 - 2xy)dx + (y^2 - 2xy)dy$, если AB – дуга параболы $y=x^2$, где A(-1,1), B(1,1).

4. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (2x + 5y)dx + (5x - y)dy$, если К – ломаная OBC, где O(0,0), B(0,2), C(2,4).

5. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x^2 + 2y)dx + (2x - y)dy$, если К – ломаная OBC, где O(0,0), B(0,2), C(2,4).

6. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (3x + y)dx + (x + 2y)dy$, если К – ломаная OBC, где O(0,0), B(0,2), C(2,4).

7. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (2x^2 + y)dx + 2xydy$, если К – ломаная OBC, где O(0,0), B(0,2), C(2,4).

8. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K ydx + 2xdy$, если К – дуга параболы $y=2x-x^2$, расположенная над осью Ox и пробегаемая по ходу часовой стрелки.

9. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_K 2xdy - 3ydx$, если К – контур треугольника с вершинами А(1,2), В(3,1), С(2,5), пробегаемый против хода часовой стрелки

10. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x^2 + y)dx + (x + 2y)dy$, если К – ломаная ОВС, где О(0,0), В(2,0), С(2,4).

11. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K \frac{y}{x}dx + xdy$, если К: y=lnx от А(1,0), С(e,1).

12. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K 2xydx + (x^2 - 3y^2)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$, где О(0,0), С(2,4).

13. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x^2 + y^2)dx + (x^2 - y)dy$, если К – отрезок прямой от В(-1,1), С(2,2).

14. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_K (x + y)dx + (x - y)dy$, если К: $x^2+y^2=1$.

15. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_K (x^3 + 2xy)dx + (x^2 + 2y)dy$, если К: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

16. Вычислить криволинейный интеграл $\oint_K (1 - x^3)dx + (1 + y^3 - y)dy$, если К: $x^2+y^2=4$.

17. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (4x - 2xy)dx + x^2dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от О(0,0) до С(2,4).

18. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x-y)dx+(x-2y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

19. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (2+xy)dx+(\frac{x^2}{2}-y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

20. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x^3-2y)dx+(2x-5)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

21. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (2x-3y)dx+(3x-4y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

22. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (4+xy^2)dx+(x^2y-3y^2)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

23. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (3x-2y)dx-(2x+y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

24. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (1+2xy)dx+(x^2-y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

25. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (5x-2y)dx-(2x-y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

26. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (3x^2 - y)dx - (x + 2y)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

27. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (4xy + 3)dx + (2x^2 - \frac{3}{2}y^2)dy$, если К – дуга параболы $y=x^2$ от O(0,0) до C(2,4).

28. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x^2 + y^2)dx + (x^2 - y)dy$, если К – отрезок прямой от B(-1,1) до C(2,2).

29. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (x - y)^2 dx + (x + y)^2 dy$, если К – ломаная OAB, где O(0,0),A(2,0), B(4,2).

30. Вычислить криволинейный интеграл $\int_K (2x^2 + y)dx + 2xydy$, если К – ломаная OBC, где O(0,0), B(0,2), C(2,4).

Тема 7. Интегрирование дифференциальных уравнений с разделяющимися переменными. Нахождение общих и частных интегралов. Интегрирование однородных и линейных дифференциальных уравнений первого порядка

Вариант 1

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $e^{x+3y}dy = xdx$
2. $(xy + x^3y)y' = 1 + y^2$
3. $y - xy' = y\sec\frac{y}{x}$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(x^2+1)y'+4xy=3$, $y(0)=0$.

Вариант 2

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y'\sin x = y\ln y$
2. $\frac{y'}{7^{y-x}}=3$
3. $(y^2-3x^2)dy+2xydx=0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y'+ytgx=\sec x$, $y(0)=0$.

Вариант 3

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y'=(2x-1)ctgy$
2. $y-xy'=2(1+x^2y')$
3. $(x+2y)dx-xdy=0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(1-x)(y'+y)=e^{-x}$, $y(0)=0$.

Вариант 4

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\sec^2 x\cdot tgy\cdot dx+\sec^2 y\cdot tgx\cdot dy=0$
2. $y-xy'=1+x^2y'$
3. $(x-y)dx+(x+y)dy=0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy'-2y=2x^4$, $y(1)=0$.

Вариант 5

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(1+e^x)ydy - e^y dx = 0$
2. $(x+5)dy - xy \cdot dx = 0$
3. $(y^2 - 2xy)dx + x^2 dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' = 2x(x^2 + y)$, $y(0)=0$.

Вариант 6

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(y^2 + 3)dx - \frac{e^x}{x} ydy = 0$
2. $y' + y + y^2 = 0$
3. $y^2 + x^2 y' = xyy'$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' - y = e^x$, $y(0)=1$.

Вариант 7

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\sin y \cdot \cos x dy = \cos y \cdot \sin x \cdot dx$
2. $y^2 \ln x dx - (y-1)x dy = 0$
3. $xy' - y = xtg(\frac{y}{x})$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' + y + xe^{-x^2} = 0$, $y(1) = \frac{1}{2e}$.

Вариант 8

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y' = (2y+1)tgx$
2. $(x + xy^2)dy + ydx - y^2dx = 0$
3. $xy' = y - xe^{\frac{y}{x}}$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' + 2xy = 2xe^{-x^2}$, $y(0)=0$.

Вариант 9

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(1 + e^x)yy' = e^x$
2. $(x^2 + x)ydx + (y^2 + 1)dy = 0$
3. $xy' = y\cos\ln(\frac{y}{x})$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' + y = 4x^3 + 3y^2$, $y(2)=1$.

Вариант 10

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\sin x \cdot tgy \cdot dx - \frac{dy}{\sin x} = 0$
2. $(xy^3 + x)dx + (x^2y^2 - y^2)dy = 0$
3. $(y + \sqrt{xy})dx = xdy$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(2x + y)dy = ydx + 4\ln y \cdot dy$, $y(0)=1$.

Вариант 11

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $3e^x \sin y dx + (1 - e^x)\cos y dy = 0$
2. $(1 + y^2)dx - (y + yx^2)dy = 0$
3. $xy' = \sqrt{x^2 - y^2} + y$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' - \frac{2y}{x} = x^2 e^x$, $y(1)=0$.

Вариант 12

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y' = \frac{e^{2x}}{\ln y}$
2. $y' = 2xy + x$
3. $y = x(y' - \sqrt[x]{e^y})$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' + y = x + 1$, $y(2)=3$.

Вариант 13

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $3^{x^2+y}dy + xdx = 0$
2. $y - xy' = 3(1 + x^2 y')$
3. $y' = \frac{y}{x} - 1$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $x(y' - y) = e^x$, $y(1)=0$.

Вариант 14

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(\cos(x-2y)+\cos(x+2y))y' = \sec x$
2. $2xyy' = 1 - x^2$
3. $y'x + x + y = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y = x(y' - x\cos x)$, $y(\frac{\pi}{2}) = 0$.

Вариант 15

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y' = e^{x^2} \cdot (1 + y^2)$
2. $(x^2 - 1) \cdot y' - xy = 0$
3. $ydx + (2\sqrt{xy} - x)dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(xy' - 1) \cdot \ln x = 2y$, $y(e) = 0$.

Вариант 16

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $ctgx \cdot \cos^2 y \cdot dx + \sin^2 x \cdot tgy \cdot dy = 0$
2. $(y^2 x + y^2) \cdot dy + xdx = 0$
3. $xdy - ydx = \sqrt{x^2 + y^2}\,dx$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' - 2y = 2x^4$, $y(1)=0$.

Вариант 17

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\sin x \cdot y' = y\cos x + 2\cos x$
2. $(1+x^3)y^3dx - (y^2-1)x^3dx = 0$
3. $(4x^2+3xy+y^2)dx + (4y^2+3xy+x^2)dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' + (x+1)y = 3x^2e^{-x}$, $y(1)=0$.

Вариант 18

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $1 + (1+y') \cdot e^y = 0$
2. $(1+x^3)y^3dx - (y^2-1)x^3dy = 0$
3. $(x-y)ydx - x^2dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' = y + x^2$, $y(0)=1$.

Вариант 19

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y' \cdot ctgx + y = 2$
2. $\sqrt{y^2+1}dx = xy \cdot dx$
3. $xy + y^2 = (2x^2 + xy)y'$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' = \sin^2 x + y \cdot ctgx$, $y(\frac{\pi}{2}) = 0$.

Вариант 20

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\frac{e^{-x^2}}{x}dy + \frac{dx}{\cos^2 y} = 0$
2. $y' - xy^2 = 2xy$
3. $(x^2 - 2xy)y' = xy - y^2$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(x+1)y' + y = x^3 + x^2$, $y(0)=0$.

Вариант 21

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $e^x \sin y dx + tgy \cdot dx = 0$
2. $2x^2 yy' + y^2 = 2$
3. $(2\sqrt{xy} - y)dx + xdy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' - 2y + x^2 = 0$, $y(1)=0$.

Вариант 22

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(1 + e^{2y}) \cdot xdx = e^{2y}dy$
2. $y' = \frac{1 + y^2}{1 + x^2}$
3. $xy' + y(\ln\frac{y}{x} - 1) = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy' + y = \sin x$, $y(\frac{\pi}{2}) = \frac{2}{\pi}$.

Вариант 23

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $(\sin(2x+y) - \sin(2x-y))dx = \frac{dy}{\sin y}$
2. $y'\sqrt{1+y^2} = \frac{x^2}{y}$
3. $(x^2 + y^2)dx + 2xy \cdot dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(x^2 - 1)y' - xy = x^3 - x$, $y(\sqrt{2}) = 1$.

Вариант 24

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\cos y \cdot dx = 2x\sqrt{1+x^2}\,dy + \cos y\sqrt{1+x^2}\,dy$
2. $(y+1)y' = \frac{y}{\sqrt{1+x^2}} + xy$
3. $(y^2 - 2xy)dx - x^2 dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $(1-x^2)y' + xy = 1$, *y(0)=1*.

Вариант 25

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y'\sqrt{1+x^2} - \cos^2 y = 0$
2. $(1+x^2)y' + y\sqrt{1+x^2} = xy$
3. $(x+2y)dx + xdy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y'ctgx - y = 2\cos^2 x \cdot ctgx$, $y(0)=0$

Вариант 26

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $e^x tgy \cdot dx = (1 - e^x)\sec^2 y \cdot dy$
2. $xyy' = \dfrac{1 + x^2}{1 + y^2}$
3. $(2x - y)dx + (x + y)dy = 0$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $x^2 y' = 2xy + 3$, $y(1)= -1$.

Вариант 27

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $y' + \sin(x + y) = \sin(x - y)$
2. $(xy - x)^2 dy + y(1 - x)dx = 0$
3. $2x^3 y'dy = y(2x^2 - y^2)$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' + 2xy = x \cdot e^{-x^2}$, $y(0)=0$.

Вариант 28

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $\cos^3 y \cdot y' - \cos(2x + y) = \cos(2x - y)$
2. $(x^2 y - y)^2 = x^2 y - y + x^2 - 1$
3. $x^2 y' = y(x + y)$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y' - 3x^2 y - x^2 e^{x^2}$, $y(0)=0$

Вариант 29

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $3^{y^2-x^2}=\frac{y\cdot y'}{x}$
2. $\sqrt{1-y^2}dx+y\sqrt{1-x^2}dy=0$
3. $y'=\frac{x}{y}+\frac{y}{x}$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $xy'+y=\ln x+1$, $y(1)=0$.

Вариант 30

Найти общее решение (общий интеграл) дифференциального уравнения

1. $e^{x+3y}dy=xdx$
2. $(xy+x^3y)y'=1+y^2$
3. $y-xy'=y\sec\frac{y}{x}$

Найти частное решение (частный интеграл) дифференциального уравнения $y'+ytgx=\sec x$, $y(0)=0$.

Тема 8. Числовые ряды. Необходимый признак сходимости ряда. Достаточные признаки сходимости числовых рядов

Вариант 1

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4\cdot n+(-1)^n}{\sqrt{n+3}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}(6n+1)\cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\sqrt[3]{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(n+1)!}{6^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(n+3)\cdot\ln(n+3)}$ на сходимость.

Вариант 2

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(n+1)!}{(4+(-1)^n)^n}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}n\cdot e^{n^2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(3n+1)\cdot\sqrt{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{10^n}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{4+n^2}$ на сходимость.

Вариант 3

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n-1}(n+2)^2}{(n+1)!}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\ln n \cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(n+2)\cdot\sqrt[3]{n}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{1+4n^2}$ на сходимость.

Вариант 4

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n\cdot 5^n\cdot n!}{n+2}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{2n+1}{3n+2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt[3]{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3^n}{(n+1)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3n+1}$ на сходимость.

Вариант 5

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot tg\left(\frac{1}{n\sqrt{n}}\right) \cdot n!$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (n+1) \cdot 3^n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[3]{3n+1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{2^n}{n!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+1) \cdot n}$ на сходимость.

Вариант 6

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}(n+2)!}{2^n}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^n}{n}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n+1} \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^n$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n^3}{(n+1)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{e^{n^2}}$ на сходимость.

Вариант 7

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4 \cdot n \cdot (-1)^n}{\sqrt{3n+1}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^2+1}{6n}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n+2)^3}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!}{2^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{4n-3}}$ на сходимость.

Вариант 8

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot (n+3)}{2^{n-1}\sqrt{n+2}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{n+1}}{n^2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n-1)(5n+1)}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{7^{n+1}}{(n+3)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n+1)^3}$ на сходимость.

Вариант 9

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(4+n)^2 \cdot (n+2)!}{2^{n^2} \cdot \sqrt{n}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)^2}{\ln n}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{6n-1}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^{n-1}}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+5) \cdot \ln(n+5)}$ на сходимость.

Вариант 10

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4\cdot n\cdot(-1)^n}{\sqrt{3n-2}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{e^{n+1}}{5n+2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{7n-1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5^{n+1}}{(n+3)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{1+16n^2}$ на сходимость.

Вариант 11

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n-2}(n+2)!}{3^n}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1+9n^2}{n^2+5}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\cdot\left(\frac{9}{10}\right)^n$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{9^{n-2}}{n!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[3]{n+5}}$ на сходимость.

Вариант 12

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot 2n!}{n^2}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (3n-2)}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!}{3^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+2)\ln(n+2)}$ на сходимость.

Вариант 13

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1} n!}{6^{n-1}\sqrt{n}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3-2n^2}{5n+1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(6n-1)^2}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(n+2)!}{4^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{25+n^2}$ на сходимость.

Вариант 14

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^n\cdot n!}{2^{n-1}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{\ln(n+1)}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(n+2)(3n+1)}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4^n}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n}{3^{n^2}}$ на сходимость.

Вариант 15

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!(2+n)^2}{n^2}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n^3}{6n+1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(6n-2)^2}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)!}{4^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{4+n^2}$ на сходимость.

Вариант 16

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot n!}{3^{n-1}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4n^2+1}{3n-1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)(5n-2)}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n!}{3^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{2n(3n+1)}$ на сходимость.

Вариант 17

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{2n+1}(n+1)^3}{3^n(n+2)!}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3-2n^2}{5n+1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(6n-1)^2}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)!}{4^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{1+9n^2}$ на сходимость.

Вариант 18

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{3n} \cdot (n+2)!}{5^n \cdot \sqrt{n}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{e^{n+1}}{n}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \cdot \left(\frac{1}{4}\right)^n$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)^3}{(n)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{e^{(n+1)^2}}$ на сходимость.

Вариант 19

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \cdot ctg \frac{1}{\sqrt{n+3}}}{\sqrt{n}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} 7^n (n+2)$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\sqrt[3]{4n-1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{5^{2n11}}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+2)(n+3)}$ на сходимость.

Вариант 20

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{\cos nx \cdot (-1)^n}{(\ln 8x)^{n+1}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} e^{n^2-1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{3}{7}\right)^n$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{7^{n+1}}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+3) \cdot \ln(n+3)}$ на сходимость.

Вариант 21

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{n! \cdot (-1)^{n-1}}{6^{n-1} \cdot \sqrt{n}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3-2n^2}{5n+1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(6n-1)^2}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)!}{3^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt{5n+1}}$ на сходимость.

Вариант 22

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4^n\cdot(-1)^{n+1}}{\sqrt{n+2}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{n+1}{7n-2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt[3]{4n+1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5^n}{(n+2)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{7n-1}$ на сходимость.

Вариант 23

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(n+2)\cdot(-1)^n}{3^n}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1+9n^2}{n^2+5}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}\cdot\left(\frac{9}{10}\right)^n$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{9^n}{(n)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\sqrt[3]{n+5}}$ на сходимость.

Вариант 24

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{4\cdot n+(-1)^n}{\sqrt{n+2}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}(6n+1)\cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n\cdot\sqrt[3]{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{6^n}{(n+1)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{9+n^2}$ на сходимость.

Вариант 25

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(4+n)\cdot(-1)^{2n-1}}{4^{n+1}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{5n^2-1}{3n+1}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n-1)(4n+1)}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n+1)!}{6^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot (5n+1)}$ на сходимость.

Вариант 26

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3 \cdot n + (-1)^n}{\sqrt{n+2}}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (2n+7) \cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \sqrt[5]{2n-1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n)!}{3^n}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n+4) \cdot \ln(n+4)}$ на сходимость.

Вариант 27

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(n+5)!}{(3+(-1)^n)^n}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} n\cdot e^{n^2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(2n+3)\cdot\sqrt[3]{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{7^n}{(n+3)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{16+n^2}$ на сходимость.

Вариант 28

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{(-1)^{n+1}(n-2)^2}{(n)!}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty}\ln n\cdot n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{(4n+3)\cdot\sqrt[5]{n}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty}\frac{7^n}{n!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{3n+1}$ на сходимость.

Вариант 29

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \cdot 3^n \cdot n!}{n+5}$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{3n-1}{7n+2}$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \sqrt[3]{n+2}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{9^n}{(n+1)!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(3n+1)(5n-3)}$ на сходимость.

Вариант 30

1. Написать 4 первых члена ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (-1)^{n+1} \cdot tg\left(\frac{1}{\sqrt{n}}\right)$. Выписать выражения для a_{n-1}, a_n, a_{n+1}.

2. Проверить возможность решения вопроса о сходимости ряда $\sum_{n=1}^{\infty} (2n+1) \cdot 5^n$ с помощью необходимого признака.

3. Применяя признаки сравнения исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n \cdot \sqrt[5]{3n+1}}$ на сходимость.

4. С помощью признака Даламбера исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{4^n}{n!}$ на сходимость.

5. С помощью интегрального признака Коши исследовать ряд $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(6n-1) \cdot n}$ на сходимость.

Рекомендуемая литература

1. Балдин, К. В. Краткий курс высшей математики : учебник / К.В. Балдин. – 2-е изд. – М. : ИТК Дашков и К, 2015. – 512 с.

2. Бермант, А.Ф. Краткий курс математического анализа : учебное пособие / А.Ф. Бермант, И. Г. Араманович. – СПб. : Лань, 2010. – 736 с.

3. Бугров, Я. С. Высшая математика (в 3-х томах) : учебник / Я. С. Бугров, С. М. Никольский ; под ред В. А. Садовничего. – М. : Дрофа, 2005. – 284 с.

4. Данко, П.Е. Высшая математика в упражнениях и задачах : учебное пособие. / П.Е. Данко, А.Г. Попов, Т.Я. Кожевникова. – М. : ООО Оникс, 2008. – 368 с.

5. Минорский, В. П. Сборник задач по высшей математике / В.П. Минорский . – М. : Физматлит, 2006. – 336 с.

6. Письменный, Д Т. Конспект лекций по высшей математике, полный курс / Д.Т. Письменный. – М. : Айрис-пресс, 2009. – 608 с.

7. Черепанова, С.А. Математика. Часть I. Элементы линейной и векторной алгебры, аналитической геометрии и математического анализа : учебное пособие / А.С. Черепанова .– 2013. – 82 с.

8. Щипачев, В.С. Высшая математика : учебник / В.С. Щипачев; под ред. А.Н. Тихонова. – М. : Высшая школа, 2007. – 479 с.

Оглавление

Предисловие 3

Тема 1. Вычисление пределов функций. Раскрытие неопределенностей вида $\left[\frac{0}{0}\right]$, $\left[\frac{\infty}{\infty}\right]$. Первый и второй «замечательные пределы». Исследование функции на непрерывность в заданных точках 5

Тема 2. Основные правила дифференцирования. Производная сложной функции. Дифференциал функции 12

Тема 3. Производные и дифференциалы высших порядков. Правило Лопиталя 36

Тема 4. «Дифференцирование функции нескольких переменных. Производная по направлению. Градиент 42

Тема 5. Первообразная функции и неопределенный интеграл. Табличное интегрирование. Интегрирование посредством замены переменной. Интеграл от функций, содержащих квадратный трехчлен. Интегрирование по частям. Интегрирование некоторых иррациональных функций. Интегрирование тригонометрических функций 56

Тема 6. Вычисление криволинейных интегралов. Геометрические и механические приложения криволинейных интегралов... 71

Тема 7. Интегрирование дифференциальных уравнений с разделяющимися переменными. Нахождение общих и частных интегралов. Интегрирование однородных и линейных дифференциальных уравнений первого порядка 74

Тема 8. Числовые ряды. Необходимый признак сходимости ряда. Достаточные признаки сходимости числовых рядов 84

Рекомендуемая литература 102

Учебное издание

Беришвили Оксана Николаевна
Плотникова Светлана Владимировна

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ

Сборник задач

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 13.05.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 6,05; печ. л. 6,50.
Тираж 50. Заказ № 135.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Е. И. Артамонов
В. В. Шигаева
М. П. Ерзамаев

Основы механической обработки конструкционных материалов

Практикум

Кинель 2022

УДК 621.9(075)
ББК 34.3я7
А86

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Рецензенты:
д-р техн. наук, проф. кафедры «Радиотехнические устройства»,
ФГБОУ ВО Самарский ГТУ,
И. Д. Ибатуллин;
канд. техн. наук, проф. кафедры «Тракторы и автомобили»,
ФГБОУ ВО Самарский ГАУ,
Г. И. Болдашев

Артамонов, Е. И.

А86 Основы механической обработки конструкционных материалов : практикум / Е. И. Артамонов, В. В. Шигаева, М. П. Ерзамаев. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 135 с.

ISBN 978-5-88575-666-2

Практикум содержит теоретический и методический материал для выполнения лабораторных работ по курсу «Основы механической обработки конструкционных материалов». Приводятся сведения о способах и методах слесарной и механической обработки конструкционных материалов в условиях мастерских сельскохозяйственных предприятий, даются рекомендации по применению правил и приемов безопасной работы при выполнении типовых технологических процессов изготовления деталей и оформлению отчета по лабораторной работе.

Учебное издание предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 44.03.04 «Профессиональное обучение».

УДК 621.9.(075)
ББК 34.3 я7

ISBN 978-5-88575-666-2

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Артамонов Е. И., Шигаева В. В., Ерзамаев М. П., 2022

Предисловие

Целью освоения дисциплины «Основы механической обработки конструкционных материалов» является формирование у студентов знаний и умений для решения профессиональных задач в области механической обработки конструкционных материалов и овладение трудовыми приёмами, операциями и способами изготовления деталей с использованием слесарных инструментов и металлорежущих станков.

Полученные знания и умения по слесарной и механической обработке заготовок и деталей позволяют глубже изучить и освоить дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», «Сопротивление материалов», «Теория механизмов и машин», «Тракторы и автомобили», «Эксплуатационные материалы», «Детали машин и основы конструирования», «Надежность технических систем».

Учебное издание представляет в систематизированном виде теорию и практику применения правил и приемов выполнения слесарной обработки поверхностей заготовок и токарной обработки типовых деталей машин. Содержит рекомендации по технике безопасности; назначение, классификацию и конструкцию инструментов, приспособлений, оборудования; расчет режимов для всех видов токарной обработки; правила и приемы выполнения слесарной и механической обработки заготовок и деталей; технологические карты, справочную информацию.

Контрольные вопросы, представленные в практикуме, позволяют проверить степень усвоения учебного материала обучающимися.

В процессе изучения данного учебного издания студент должен овладеть способность обоснованно выбирать материал и способы его обработки для получения свойств, обеспечивающих высокую надежность детали.

Организация работы студентов в лаборатории

Лабораторная работа выполняется индивидуально на рабочем месте за станком или за слесарным столом. Перед выполнением технических заданий по изучаемой теме учебный мастер демонстрирует порядок действий, правила и приемы, связанные с работой на токарном станке или проведением слесарных видов обработки материалов, с соблюдением правил техники безопасности.

Перед выполнением работы по изучаемой теме студент должен быть теоретически подготовлен для ее выполнения: знать технику безопасности при выполнении слесарных работ и работ на токарно-винторезном станке; знать используемое оборудование, приспособления, инструмент и порядок переходов и установов в операции при выполнении практического задания; обязан законспектировать основные теоретические положения по изучаемой теме.

В процессе работы необходимо: выполнить поставленное техническое задание согласно варианту или общему заданию на всю группу, применяя правила и приемы работы, соответствующие изучаемой теме; соблюдать правила техники безопасности; придерживаться порядка выполнения лабораторной работы и выполнять указания преподавателя и учебного мастера; бережно относиться к оборудованию, приспособлениям, инструменту.

После выполнения лабораторной работы необходимо: продемонстрировать выполненное техническое задание учебному мастеру или преподавателю; привести свое рабочее место в полный порядок (приспособления и инструмент сдать учебному мастеру); оформить отчет о выполненной лабораторной работе.

Отчет должен содержать: наименование работы, цель работы, краткие теоретические сведения (сущность способа обработки материалов, режущих инструментов, приспособлений, оборудования; приемы и правила выполнения переходов и установов, карты технологических процессов, расчеты режимов обработки или справочные данные). После предъявления отчета студент проходит собеседование, по результатам которого лабораторная работа может быть зачтена, если студент ответит правильно более чем на 60% контрольных вопросов.

Лабораторная работа №1
БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ СЛЕСАРЯ И ТОКАРЯ

Цель работы: ознакомиться с техникой безопасности при выполнении слесарных и токарных работ.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615, верстак слесарный ОРГ-1468-01-060А, тиски слесарные.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II, штангенрейсмус.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной, зубило, напильники, шабер.

Ударные инструменты: молоток слесарный, молоток разметочный.

Приспособления: трёхкулачковый патрон, упорный вращающийся центр, притирочная плита.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Техника безопасности при выполнении токарных и слесарных работ

В целях исключения травматизма, а также поломки оборудования, технологической оснастки и приборов каждый студент перед выполнением лабораторных работ должен тщательно изучить правила техники безопасности.

Инструкция по охране труда при работе на токарном станке по металлу.

1) *Общие требования безопасности на токарном станке.* К самостоятельной работе на токарном станке по металлу допускаются лица в возрасте не моложе 16 лет, прошедшие соответствующую подготовку, инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья. К работе на токарном станке по металлу под руководством преподавателя (мастера) допускаются учащиеся с 1 курса, прошедшие инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

Обучающиеся должны соблюдать правила поведения, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

При работе на токарном станке по металлу возможно воздействие на работающих следующих опасных производственных факторов:

– отсутствие ограждения приводных ремней станка, защитного кожуха патрона и защитного экрана;

– непрочное закрепление заготовки и инструмента;

– неисправности и притупление режущего инструмента;

– неисправности электрооборудования станка и заземления его корпуса.

При работе на токарном станке по металлу должна использоваться следующая спецодежда и индивидуальные средства защиты: халат хлопчатобумажный, берет, защитные очки. На полу около токарного станка должна быть деревянная решетка с диэлектрическим резиновым ковриком.

В учебной мастерской должна быть медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств для оказания первой помощи при травмах.

Обучающиеся обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Учебная мастерская должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения: огнетушителем химическим пенным, огнетушителем углекислотным, ящиком с песком.

При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязаны немедленно сообщить о случившемся преподавателю (мастеру), который извещает об этом администрацию учреждения. При неисправности оборудования, инструмента необходимо прекратить работу и сообщить об этом преподавателю (мастеру).

Обучающиеся должны соблюдать порядок выполнения работы, правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

Обучающиеся, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, привлекаются к ответственности, со всеми обучающимися проводится внеплановый инструктаж по охране труда.

2) Требования безопасности перед началом работы. Надеть спецодежду, волосы тщательно заправить под головной убор.

Проверить наличие и надежность крепления защитных ограждений и соединений защитного заземления с корпусом станка.

Разложить инструменты и заготовки в определенном установленном порядке на тумбочке или на специальном приспособлении, убрать все лишнее.

Прочно закрепить резцы и обрабатываемую деталь, вынуть ключ из патрона и положить его на установленное место (тумбочку).

Проверить работу станка на холостом ходу.

3) Требования безопасности во время работы. Плавно подводить резец к обрабатываемой детали, не допускать увеличения сечения стружки.

Не наклонять голову близко к патрону, вращающейся детали или режущему инструменту.

Не принимать и не передавать какие-либо предметы через вращающиеся части станка.

Не измерять обрабатываемую деталь, не смазывать, не чистить и не убирать стружку до полной остановки станка.

Не облокачиваться и не опираться на станок, не класть на него инструмент или заготовки.

Не охлаждать режущий инструмент или обрабатываемую деталь с помощью тряпки или протирочных концов.

Не останавливать станок путем торможения патрона рукой.

Не поддерживать и не ловить рукой отрезаемую деталь.

Не оставлять работающий станок без присмотра.

4) Требования безопасности в аварийных ситуациях. При неисправности резца, его поломке или выкрашивании, а также при неисправности заземления корпуса станка, прекратить работу, отвести резец от обрабатываемой детали, выключить станок и сообщить об этом преподавателю (мастеру).

При загорании электрооборудования станка, немедленно выключить станок и приступить к тушению очага возгорания углекислотным, порошковым огнетушителем или песком.

При получении травмы сообщить об этом преподавателю (мастеру), который должен оказать первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение и сообщить об этом администрации учебного заведения.

5) Требования безопасности по окончании работы. Отвести резец от обрабатываемой детали и выключить станок.

Убрать стружку со станка при помощи крючка и щетки, не сдувать стружку и не сметать ее рукой.

Протереть и смазать станок, промасленную ветошь убрать в металлический ящик с крышкой.

Привести в порядок инструмент и убрать его на место.

Снять спецодежду и тщательно вымыть руки с мылом.

Проветрить помещение учебной мастерской.

Инструкцию при работе на токарно-винторезном станке можно представить в виде запретов и рекомендаций.

ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

– приступать к выполнению работы без ознакомления с правилами техники безопасности в токарном отделении;

– включать станок без разрешения и присутствия преподавателя или учебного мастера;

– подходить к станку в расстегнутых халатах и костюмах или с распущенными волосами (рис. 1.1);



Рис. 1.1

– оставлять патронный ключ в гнезде патрона после закрепления заготовки;

– работать без защитных очков и ограждений;

– убирать сливную стружку во время работы (стружку убрать с помощью специального крючка после остановки вращения шпинделя);

– при работе ключами наращивать их трубой или другими рычагами;

– запрещается пользоваться прокладками, если ключи не соответствуют размерам гаек (рис. 1.2);



Рис. 1.2

– находиться в непосредственной близости к рукоятке ручной поперечной подачи при включении быстрой механической подачи;

– производить деление (путем поворота шпинделя) для нарезания многозаходных резьб при включенном электропитании станка, измерять деталь во время работы станка.

ПЕРЕД ВЫПОЛНЕНИЕМ РАБОТЫ СЛЕДУЕТ:

– заправить одежду, застегнуть рукава, убрать волосы под головной убор;

– убрать со станка и рабочего места все ненужные предметы;

– подготовить к работе технологическую оснастку, инструменты, приборы и убедиться в их исправности;

– проверить работу органов управления станка в присутствии учебного мастера;

– надежно закрепить заготовку и режущий инструмент;

– проверить работу станка на холостом ходу под наблюдением учебного мастера или преподавателя.

ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТ НЕЛЬЗЯ:

– управлять станком вдвоем, втроем и т.д.;

– касаться движущихся частей станка (рис. 1.3);

– брать и подавать через работающий станок какие-либо предметы (рис. 1.4);



Рис. 1.3



Рис. 1.4

– производить чистку и смазку станка;
– проверять размеры обрабатываемой детали;
– облокачиваться на станок;
– снимать и открывать ограждения;
– складывать детали на коробке скоростей (рис. 1.5).



Рис. 1.5

При обнаружении любых неисправностей станка, нарушении правил техники безопасности, травматизме, возникновении пожара немедленно доложить руководителю лабораторных работ.

Инструкция по охране труда при ручной обработке металла

1) Общие требования безопасности при ручной обработке металла. К самостоятельной работе по ручной обработке металла допускаются лица в возрасте не моложе 16 лет, прошедшие соответствующую подготовку, инструктаж по охране труда, медицинский осмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья.

К работе по ручной обработке металла под руководством преподавателя (мастера) допускаются учащиеся с 1 курса, прошедшие инструктаж по охране труда и медицинский осмотр.

Обучающиеся должны соблюдать правила поведения, расписание учебных занятий, установленные режимы труда и отдыха.

При ручной обработке металла возможно воздействие на работающих следующих опасных производственных факторов:
– травмирование рук при работе неисправным инструментом;
– травмирование осколками металла при его рубке.

При ручной обработке металла должна использоваться следующая спецодежда и индивидуальные средства защиты: халат хлопчатобумажный, берет, рукавицы, защитные очки.

В учебной мастерской должна быть медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств для оказания первой помощи при травмах.

Обучающиеся обязаны соблюдать правила пожарной безопасности, знать места расположения первичных средств пожаротушения. Учебная мастерская должна быть обеспечена первичными средствами пожаротушения: огнетушителем химическим пенным, огнетушителем углекислотным и ящиком с песком.

При несчастном случае пострадавший или очевидец несчастного случая обязан немедленно сообщить преподавателю (мастеру), который сообщает об этом администрации учреждения. При неисправности оборудования, инструмента прекратить работу и сообщить об этом преподавателю (мастеру).

Обучающиеся должны соблюдать порядок выполнения работы, правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

Обучающиеся, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, привлекаются к ответственности и со всеми обучающимися проводится внеплановый инструктаж по охране труда.

2) Требования безопасности перед началом работы. Надеть спецодежду, проветрить помещение учебной мастерской.

Проверить исправность инструмента и разложить его на свои места.

При рубке металла надеть защитные очки и проверить наличие защитной сетки на верстаке.

Проверить состояние тисков (губки тисков должны быть прочно закреплены, насечка их не сработана).

Убрать с рабочего места все лишнее.

3) Требования безопасности во время работы. Прочно закрепить обрабатываемую деталь в тисках. Рычаг тисков опускать плавно, чтобы не травмировать руки.

Работу выполнять только исправным инструментом.

Во избежание травм следить за тем, чтобы:

– поверхность бойков молотков, кувалд была выпуклой, а не сбитой;

– инструмент, имеющий заостренные концы-хвостовики (напильники и др.), был снабжен деревянными, плотно насаженными ручками установленной формы, без сколов и трещин, с металлическими кольцами;

– ударные режущие инструменты (зубило, бородок, кернер, крейцмейсель и др.) имели не сбитую поверхность;

– зубило имело длину не менее 150 мм, причем оттянутая его часть равнялась 60-70 мм;

– при работе напильниками пальцы рук находились на поверхности напильника;

– при рубке металла была установлена защитная металлическая сетка с ячейками не более 3 мм или индивидуальный экран.

Во избежание травм не проверять пальцами рук качество опиливаемой поверхности.

Отрезаемую при резании ножницами заготовку из листового металла придерживать рукой в рукавице.

Использовать слесарный инструмент только по его прямому назначению.

Не применять ключи, имеющие зев большего размера, чем гайка, не удлинять рукоятку ключа путем накладывания (захвата) двух ключей.

4) Требования безопасности в аварийных ситуациях. При выходе из строя рабочего инструмента прекратить работу и сообщить об этом преподавателю (мастеру).

При получении травмы сообщить об этом преподавателю (мастеру), который окажет первую помощь пострадавшему, при необходимости отправить его в ближайшее лечебное учреждение и сообщить об этом администрации учреждения. При возникновении пожара немедленно эвакуировать обучающихся из помещения учебной мастерской, сообщить о пожаре администрации учреждения и в ближайшую пожарную часть и приступить к тушению пожара с помощью первичных средств пожаротушения.

5) Требования безопасности по окончании работы. Привести в порядок инструмент и рабочее место. Стружку и опилки не сдувать и не смахивать рукой, а использовать для этой цели щетку-сметку. Провести влажную уборку и проветрить помещение учебной мастерской. Снять спецодежду и тщательно вымыть руки с мылом.

Задание 1. Изучить инструкции по охране труда при выполнении слесарных работ и работ на токарных станках.

Задание 2. Повторить за мастером безопасные действия при выполнении слесарных и токарных работ.

Контрольные вопросы

1. Перечислите опасные зоны токарного станка.
2. Требования безопасности во время работы на токарном станке.
3. Требования безопасности перед началом работы на токарном станке.
4. Требования безопасности по окончании работы на токарном станке.
5. Требования безопасности перед началом выполнения слесарных работ.
6. Требования безопасности во время выполнения слесарных работ.
7. Требования безопасности в аварийных ситуациях при выполнении слесарных работ.
8. Требования безопасности по окончании слесарных работ.

Лабораторная работа №2
ПЛОСКАЯ И ОБЪЁМНАЯ РАЗМЕТКА ЗАГОТОВОК

Цель работы: 1) ознакомиться с общими сведениями слесарной операции разметка для плоских и объемных заготовок; 2) получить практические умения и навыки по выполнению слесарной операции разметка плоских и объемных заготовок.

Оборудование: верстак слесарный ОРГ-1468-01-060А, тиски слесарные.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II, штангенрейсмус.

Инструменты: чертилки, рейсмус, разметочные циркули, кернеры, угольник-центроискатель, центроискатель-транспортир, разметочные плиты: призмы, угольники, разметочные ящики, разметочные клинья, домкраты.

Материалы: материалы для окрашивания поверхностей.

Разметка – это операция по нанесению на поверхность заготовки линий (рисок), определяющих контуры изготавливаемой детали, являющаяся частью некоторых технологических операций. Несмотря на большие затраты ручного высококвалифицированного труда, разметка используется достаточно широко, в том числе на предприятиях массового производства. Обычно разметочные работы не контролируются, поэтому допущенные при их выполнении ошибки выявляются в большинстве случаев в готовых деталях. Исправить такие ошибки достаточно сложно, а иногда просто невозможно. В зависимости от особенностей технологического процесса различают плоскостную и пространственную разметки.

Плоскостную разметку применяют при обработке листового материала и профильного проката, а также деталей, на которые разметочные риски наносят в одной плоскости.

Пространственная разметка – это нанесение рисок на поверхностях заготовки, связанных между собой взаимным расположением.

В зависимости от способа нанесения контура на поверхность заготовки применяют различные инструменты, многие из которых используются и для пространственной, и для плоскостной разметки. Некоторые различия существуют лишь в наборе разметочных приспособлений, который значительно шире при пространственной разметке.

Инструменты, приспособления и материалы, применяемые при разметке

Рейсмус используют для нанесения рисок на вертикальной плоскости заготовки (рис. 2.1). Он представляет собой чертилку *2*, закрепленную на вертикальной стойке, установленной на массивном основании. При необходимости нанесения рисок с более высокой точностью используют инструмент со шкалой – штангенрейсмус (рис. 2.2, г). Для установки рейсмуса на заданный размер можно использовать блоки концевых мер длины, а если не требуется очень высокая точность разметки, то используют вертикальную масштабную линейку *1* (рис. 2.1).

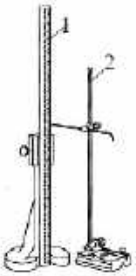


Рис. 2.1. Рейсмус:
1 – вертикальная масштабная линейка; 2 – чертилка, закрепленная на вертикальной стойке

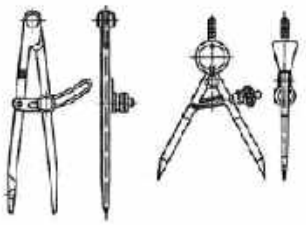


Рис. 2.2. Чертилки:
а – односторонняя с кольцом; б – односторонняя с ручкой; в – двухсторонняя; г – двухсторонняя с ручкой

Чертилки являются наиболее простым инструментом для нанесения контура детали на поверхность заготовки

и представляют собой стержень с заостренным концом рабочей части. Изготавливают чертилки из инструментальных углеродистых сталей марок У10А и У12А в двух вариантах: односторонние (рис. 2.2, а, б) и двусторонние (рис. 2.2, в, г). Чертилки изготавливают длиной 10-120 мм. Рабочая часть чертилки закаливается на длине 20-30 мм до твердости HRC 58…60 и затачивается под углом 15-20°. Риски на поверхность детали наносят чертилкой, используя масштабную линейку, шаблон или образец.

Разметочные циркули применяют для нанесения дуг окружностей и деления отрезков и углов на равные части (рис. 2.2). Разметочные циркули изготавливают в двух вариантах: простой (рис. 2.3, а), позволяющий фиксировать положение ножек после их установки на размер, и пружинный (рис. 2.3, б), применяемый для более точной установки размера. Для разметки контуров ответственных деталей используют разметочный штангенциркуль.



а *б*

Рис. 2.3. Циркуль разметочный:
а – простой; б – пружинный

Для того чтобы разметочные риски были четко видны на размеченной поверхности, на них наносят точечные углубления – керны, которые наносятся специальным инструментом – *кернером* (рис. 2.4). Кернер представляет собой совершенно простое устройство – стальной стержень от 100 до 160 мм в длину, диаметром 8-12 мм. Стержень является в то же время и ручкой, поэтому имеет множественные насечки для предотвращения выскальзывания из руки. Острие инструмента обычно выполнено из особо твердых сплавов и заточено под углом от 30 до 75°, в зависимости от целей, которые преследуются. Чем острее угол, тем точнее делаются разметки, вплоть до накернивания центра будущих отверстий.



Рис. 2.4. Кернер обыкновенный

Кернеры изготавливают из инструментальной стали У7А. Твердость на длине рабочей части (15-30 мм) должна быть HRC 52…57. В ряде случаев применяют кернеры специальной конструкции. Так, например, для нанесения керновых углублений при делении окружности на равные части целесообразно использовать кернер, предложенный Ю. В. Козловским (рис. 2.5), который позволяет значительно повысить производительность и точность при их нанесении. Внутри корпуса *1* кернера располагается пружина *13* и боек *2*. К корпусу с помощью пружины *5* и винтов *12* и *14* крепятся ножки *6* и *11*, которые благодаря гайке 7 могут одновременно перемещаться, обеспечивая настройку на заданный размер. Сменные иглы *9* и *10* крепятся к ножкам при помощи гаек *8*. При настройке кернера положение бойка с ударной головкой *3* фиксируется резьбовой втулкой *4*.

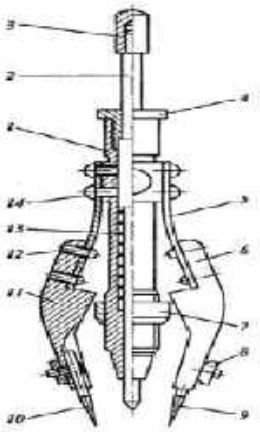


Рис. 2.5. Кернер Ю. В. Козловского:
1 – корпус; 2 – боек; 3 – ударная головка; 4 – втулка; 5, 13 – пружины; 6, 11 – ножки; 7, 8 – гайки; 9, 10 – сменные иглы; 12, 14 – винты

Разметку с использованием этого кернера осуществляют в такой последовательности:

- острие игл *9* и *10* устанавливают в риску предварительно проведенной на заготовке окружности;

- наносят удар по ударной головке *3*, производя кернение первой точки;

- корпус кернера поворачивают вокруг одной из игл до тех пор, пока вторая игла не совпадет с размеченной окружностью, вновь наносят удар по ударной головке *3*. Операцию повторяют до тех пор, пока вся окружность не будет поделена на равные части. При этом точность разметки увеличивается, так как благодаря использованию игл настройку кернера на заданный размер можно осуществлять с использованием блока концевых мер длины.

При необходимости кернения центровых отверстий на торцах валов удобно пользоваться специальным приспособлением для кернения – *колоколом* (рис. 2.6, а). Это приспособление позволяет наносить керновые углубления на центрах торцевых поверхностей валов без их предварительной разметки.

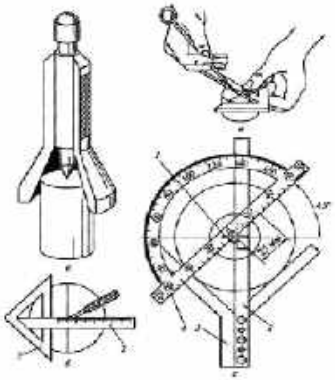


Рис. 2.6. Инструмент для нанесения центровых отверстий: а – колокол; б, в – угольник-центроискатель: 1 – угольник; 2 – линейка; г – центроискатель-транспортир: 1 – стопорный винт; 2 – линейка, 3 – угольник; 4 – транспортир

Для этих же целей можно использовать *угольник-центроискатель* (рис. 2.6, б, в), состоящий из угольника *1* с прикрепленной к нему линейкой *2*, кромка которой делит прямой угол

пополам. Для определения центра инструмент укладывают на торец детали так, чтобы внутренние полки угольника касались ее цилиндрической поверхности и проводят чертилкой линию вдоль линейки. Затем центроискатель поворачивают на произвольный угол и проводят вторую риску. Пересечение нанесенных на торец детали линий определит положение ее центра.

Довольно часто для отыскания центров на торцах цилиндрических деталей применяют *центроискатель-транспортир* (рис. 2.6, г), который состоит из линейки *2*, скрепленной с угольником *3*. Транспортир *4* можно перемещать по линейке *2* и фиксировать в нужном положении при помощи стопорного винта *1*. Транспортир накладывают на торцевую поверхность вала так, чтобы боковые полки угольника касались цилиндрической поверхности вала. Линейка при этом проходит через центр торца вала. Устанавливая транспортир в двух положениях на пересечении рисок, определяют центр торца вала. Если требуется выполнить отверстие, расположенное на некотором расстоянии от центра вала и под определенным углом, пользуются транспортиром, перемещая его относительно линейки на заданную величину и поворачивая на необходимый угол. В точке пересечения линейки и основания транспортира накернивают центр будущего отверстия, имеющего смещение относительно оси вала.

При выполнении пространственной разметки необходимо применение ряда приспособлений, которые позволяли бы выставлять размечаемую деталь в определенном положении и кантовать (перевертывать) ее в процессе разметки.

Для этих целей при пространственной разметке используют *разметочные плиты, призмы, угольники, разметочные ящики, разметочные клинья, домкраты*.

Разметочные плиты (рис. 2.7) отливают из серого чугуна, их рабочие поверхности должны быть точно обработаны. На верхней плоскости больших разметочных плит строгают продольные и поперечные канавки небольшой глубины, разделяя поверхность плиты на квадратные участки. Устанавливают разметочные плиты на специальных подставках и тумбах (рис. 2.7, а) с ящиками для хранения разметочных инструментов и приспособлений. Разметочные плиты небольшого размера располагают на столах (рис. 2.7, б).

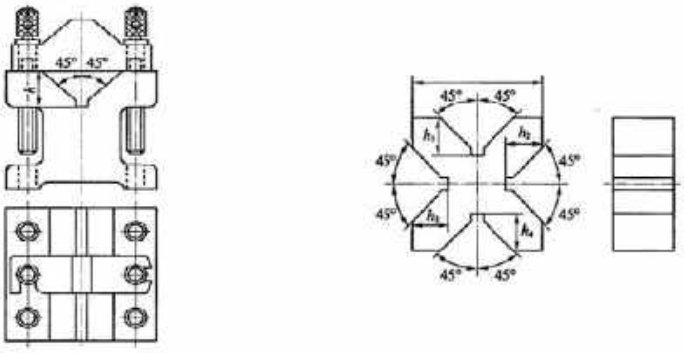


а) *б)*

Рис. 2.7. Разметочная плита:
а – на подставке; б – на столе

Рабочие поверхности разметочной плиты не должны иметь значительных отклонений от плоскости. Величина этих отклонений зависит от размеров плиты и приводится в соответствующих справочниках.

Призмы разметочные (рис. 2.8) изготавливают с одной и двумя призматическими выемками.



Тип I *Тип II*

Рис. 2.8. Разметочные призмы:
тип I – односторонняя; тип II – четырехсторонняя;
h, h_1, h_2, h_3, h_4 – глубина V-образных пазов

По точности различают призмы нормальной и повышенной точности. Призмы нормальной точности изготавливают из сталей марок ХГ и Х или из углеродистой инструментальной стали марки У12. Твердость рабочих поверхностей призм должна быть не менее HRC 56. Призмы повышенной точности изготавливают из серого чугуна марки СЧ15.

Угольники с полкой (рис. 2.9) применяют как для плоскостной, так и для пространственной разметки. При плоскостной разметке угольники используют для проведения рисок, параллельных одной из сторон заготовки (если эта сторона предварительно обработана), и для нанесения рисок в вертикальной плоскости. Во втором случае полку разметочного угольника устанавливают на разметочной плите. При пространственной разметке угольник используют для выверки положения деталей в разметочном приспособлении в вертикальной плоскости. В этом случае также применяют разметочный угольник с полкой.

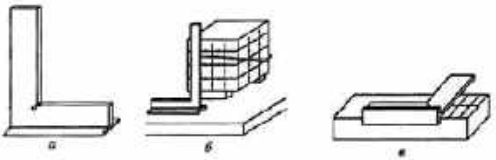


Рис. 2.9. Угольник с полкой:
а – угольник; б, в – примеры использования

Разметочные ящики (рис. 2.10) применяют для установки на них при разметке заготовок сложной формы. Они представляют собой пустотелые параллелепипеды с выполненными на поверхностях отверстиями для закрепления заготовок. При больших размерах разметочных ящиков с целью увеличения жесткости конструкции во внутренней их полости выполняют перегородки.



а) *б)*

Рис. 2.10. Разметочный ящик:
а – общий вид; б – пример использования

Разметочные клинья (рис. 2.11) применяют при необходимости регулирования положения размечаемой заготовки по высоте в незначительных пределах. Для того чтобы разметочные риски были четко видны на поверхности размечаемой заготовки,

эту поверхность следует окрасить, то есть покрыть составом, цвет которого контрастен цвету материала размечаемой заготовки. Для окрашивания размечаемых поверхностей используют специальные составы.

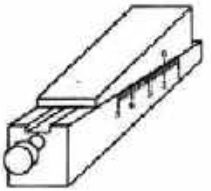


Рис. 2.11. Разметочный клин

Материалы для окрашивания поверхностей выбирают в зависимости от материала заготовки, которая подвергается разметке, и от состояния размечаемой поверхности. Для окрашивания размечаемых поверхностей используют: раствор мела в воде с добавлением столярного клея, обеспечивающего надежное сцепление красящего состава с поверхностью размечаемой заготовки, и сиккатива, способствующего быстрому высыханию этого состава; медный купорос, представляющий собой сернокислую медь, в результате происходящих химических реакций обеспечивающий образование на поверхности заготовки тонкого и прочного слоя меди; быстросохнущие краски и эмали.

Выбор красящего состава для нанесения на поверхность заготовки зависит от материала заготовки и состояния размечаемой поверхности. Необработанные поверхности заготовок, полученных методом литья или ковки, окрашивают при помощи сухого мела или раствора мела в воде. Обработанные механическим путем (предварительное опиливание, строгание, фрезерование и др.) поверхности заготовок окрашивают раствором медного купороса. Медный купорос может быть применен только в тех случаях, когда заготовки выполнены из черного металла, так как между цветными металлами и медным купоросом не происходит химической реакции с осаждением меди на поверхности заготовки.

Заготовки из медных, алюминиевых и титановых сплавов с предварительно обработанными поверхностями окрашивают, используя быстросохнущие лаки и краски.

Правила выполнения приемов разметки

При выполнении разметочных работ необходимо придерживаться следующих основных правил.

1) Слой окрашивающего состава, наносимого на поверхность заготовки, должен быть тонким, равномерным по толщине и полностью покрывать размечаемую поверхность. К разметке следует приступать только после его полного высыхания.

2) При проведении риски точно совмещать линейку с исходными отметками на детали и плотно прижимать к заготовке.

3) Прежде чем провести риску, следует убедиться, что чертилка (циркуль) хорошо заточена. Тупую чертилку (циркуль) необходимо повторно заточить.

4) Риску проводить одним непрерывным движением чертилки вдоль линейки, не наносить риску дважды по одному и тому же месту, так как это приводит к ее раздвоению.

5) При кернении разметочных рисок:

• убедиться в правильности заточки кернера, при необходимости заточить повторно;

• кернение производить легкими ударами молотка по кернеру так, чтобы глубина кернового углубления составляла примерно 0,5 мм. При накернивании длинных рисок (более 150 мм) расстояние между углублениями должно быть 25-30 мм, при накернивании коротких рисок (менее 150 мм) расстояние между углублениями должно быть 10-15 мм, линии малых окружностей диаметром до 15 мм накернивают в четырех взаимно перпендикулярных точках;

• линии больших окружностей диаметром более 15 мм накернивают равномерно в 6-8 местах, дуги в сопряжениях следует накернивать с меньшими промежутками между углублениями, чем на прямолинейных участках;

• точки сопряжения и пересечения рисок необходимо обязательно накернивать; центр отверстия или дуги накернивают глубже, чем риску, диаметр отверстия при этом должен быть равен приблизительно 1,0 мм.

6) При разметке отверстия или дуги точно устанавливать раствор циркуля на требуемый размер, прочно фиксировать раствор циркуля прижимным винтом дуги циркуля. При проведении дуги циркуль слегка наклонять в сторону движения.

7) Если при сопряжении прямолинейных и криволинейных рисок они не совпали, размечаемое место детали закрасить заново и разметку повторить.

8) При разметке по шаблону (образцу) плотно прижимать его к детали, следить, чтобы он не сместился в процессе разметки. При возможности закреплять шаблон на поверхности размечаемой заготовки (например, струбциной).

9) При разметке центра на торце цилиндрической детали кернером-центроискателем (колоколом) следить за установкой центроискателя строго по оси детали, точность разметки проверять раздвижным центроискателем.

10) При разметке центра на торце цилиндрической детали угольником-центроискателем следить за плотным прилеганием полок центроискателя к цилиндрической части детали.

11) При разметке центра отверстия детали с помощью раздвижного центроискателя следить за перпендикулярностью установки деревянного бруска с пластиной оси отверстия (центр отверстия при этом определяют «на глаз» внутри четырех дуг – засечек на пластине), проверять точность разметки по внутренней поверхности отверстия или контрольной риске на торце детали.

12) При разметке «от кромки» обработанной детали следует плотно прижимать полку угольника с широким основанием к кромке детали.

13) При разметке «от осевых линий» размеры отсчитывают от двух контрольных керновых углублений, расположенных на краях этих линий.

14) При разметке при помощи рейсмаса размеры отсчитывать или от нулевой отметки вертикальной линейки, или от базового центра отверстия на детали в зависимости от ее конфигурации. Риску на заготовке следует проводить, наклоняя чертилку рейсмуса в сторону движения на угол 60-70° и плотно прижимая его основание к разметочной плите. Следить за прочностью крепления иглы-чертилки на штангенрейсмусе. При разметке партии одинаковых деталей пользоваться многоигольчатым рейсмусом.

Типичные дефекты при выполнении разметки

Типичные дефекты при выполнении разметки, причины их появления и способы предупреждения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Типичные дефекты при выполнении разметки

Дефект	Причина	Способ предупреждения
1	*2*	*3*
Раздвоенная риска	Линейка слабо прижималась к детали. Риска проводилась дважды по одному и тому же месту. Разметка проводилась тупой чертилкой	Линейку плотно прижимать к детали, риску проводить только один раз. Заточить чертилку
Керновое углубление не на риске	При установке кернера его острие не попало на риску. Кернение производилось тупым кернером. Кернер сместился с риски перед ударом молотком	Точно устанавливать кернер в углубление риски, прочно удерживать его при кернении. При необходимости кернер заточить
Раздвоенная или смещенная риска размеченной дуги или окружности	Опорная (неподвижная) ножка циркуля тупая. Малая глубина кернового углубления в центре окружности или дуги. Сильное нажатие на подвижную ножку циркуля в процессе разметки	Разметку производить только циркулем с остро заточенными ножками, плавными несильными движениями циркуля, наклоняя его в сторону движения
Риски не сопряжены друг с другом	Неточно установлена линейка по рискам. Смещение линейки во время нанесения риски. Неточно установлен размер циркуля; опорная ножка циркуля выскочила из кернового углубления при проведении риски	Точно соблюдать все правила разметки. Прочно удерживать линейку и циркуль в процессе разметки
Непараллельные или неперпендикулярные друг другу риски	Керновые углубления на исходных рисках смещены. Неточно установлена линейка по рискам и дугам. Слабо закреплен зажимной винт циркуля	Точно устанавливать линейку по исходным рискам. Прочно прижимать ее к детали. Следить за зажимом ножек циркуля
Углы между рисками не соответствуют заданным	Керновые углубления на исходных рисках смещены. Нарушена последовательность построения угла. Неточно установлена линейка по рискам и керновым углублениям	Керновые углубления наносить только по углублению риски. Следить за заточкой кернера и чертилки. Точно устанавливать линейку по рискам и керновым углублениям
Размеченный контур не соответствует шаблону	Шаблон во время разметки был неплотно прижат к поверхности заготовки, в результате чего сместился при нанесении разметочных рисок	Плотно прижимать шаблон к поверхности заготовки в процессе разметки. При возможности закреплять шаблон на заготовке при помощи струбцины

Окончание табл. 1

1	2	3
При разметке при помощи рейсмаса риска не прямолинейна	Неустойчиво установлена размечаемая деталь. Слабо закреплен штангенрейсмус на стойке. На разметочную плиту под основание рейсмус попала грязь	Проверить прочность (без качки) установки детали на разметочной плите. Тщательно протереть разметочную плиту перед разметкой. Прочно закреплять разметочную иглу на штанге рейсмуса
Не совпадают центры отверстий и цилиндрических частей деталей	Некачественно определены центры отверстий цилиндрических частей детали	Проверить разметку центров

Задание 1. Изучить теоретические сведения о слесарной операции – разметка для плоских и объемных заготовок:

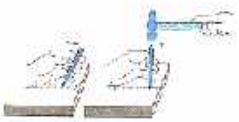
а) ознакомиться с назначением и классификацией инструмента, приспособлений и материалов для плоских и объемных заготовок;

б) ознакомиться с правилами выполнения приемов плоской и объемной разметки.

Задание 2. Выполнить действия по разметке плоских и объемных заготовок согласно заданию (табл. 2).

Таблица 2

Задание для практического выполнения по теме «Плоская и объёмная разметка заготовок»

№ варианта	Схемы выполнения разметки			
	Нанести параллельные риски через расстояние	Нанести наклонные риски под углом	Нанести окружность следующих диаметров	Нанести 10 кернений через одинаковое расстояние на разметочной линии
				
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	2 мм	5^0, 30^0, 90^0	20, 50, 100 мм	10 мм
2	3 мм	6^0, 45^0, 120^0	15, 35, 110 мм	15 мм
3	4 мм	7^0, 90^0, 45^0	10, 40, 120 мм	20 мм

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
4	5 мм	8^0, 30^0, 180^0	25, 35, 80 мм	25 мм
5	6 мм	9^0, 45^0, 90^0	35, 55, 130 мм	30 мм
6	7 мм	10^0, 30^0, 45^0	40, 60, 140 мм	35 мм
7	8 мм	11^0, 90^0,120^0	10, 30, 100 мм	40 мм
8	9 мм	12^0, 40^0, 90^0	20, 50, 120 мм	45 мм
9	10 мм	5^0, 30^0, 90^0	20, 50, 100 мм	10 мм
10	2 мм	6^0, 45^0, 120^0	15, 35, 110 мм	15 мм
11	3 мм	7^0, 90^0, 45^0	10, 40, 120 мм	20 мм
12	4 мм	8^0, 30^0, 180^0	25, 35, 80 мм	25 мм
13	5 мм	9^0, 45^0, 90^0	35, 55, 130 мм	30 мм
14	6 мм	10^0, 30^0, 45^0	40, 60, 140 мм	35 мм
15	7 мм	11^0, 90^0,120^0	10, 30, 100 мм	40 мм
16	8 мм	12^0, 40^0, 90^0	20, 50, 120 мм	45 мм

Контрольные вопросы

1. Что называется разметкой?
2. Какие инструменты применяют при разметке?
3. Какие виды разметки вы знаете?
4. Назовите материал изготовления чертилки.
5. Объясните назначение кернера.
6. Какие краски применяются при разметке?
7. Объясните порядок нанесения рисок.
8. Какие инструменты применяются при пространственной разметке?
9. Расскажите о типичных дефектах при выполнении разметки. Назовите причины их появления и способы их предупреждения.

Лабораторная работа №3
РУБКА МЕТАЛЛОВ ПО ПЛОСКОСТИ, ПОД УГОЛ

Цель работы: 1) ознакомиться с теоретическими сведениями о слесарной операции рубка металлов по плоскости и под угол; 2) получить практические умения и навыки по выполнению слесарной операции рубка металлов по плоскости и под угол.

Оборудование: верстак слесарный ОРГ-1468-01-060А, тиски слесарные.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II, штангенрейсмус, уголок.

Инструменты: зубило, слесарный молоток.

Материалы: заготовка из чугуна размерами 100×50×100 мм.

Основные теоретические сведения о слесарной операции рубка металлов

Рубкой называется операция по снятию с заготовки слоя материала, а также разрубание металла (листового, полосового, профильного) на части режущими инструментами (зубилом, крейцмейселем или канавочником при помощи молотка). Точность обработки при рубке не превышает 0,5 мм. В современном машиностроении к процессу рубки металла прибегают лишь в тех случаях, когда заготовка по тем или иным причинам не может быть обработана на металлорежущих станках. Рубкой выполняют следующие работы: удаление лишних слоев материала с поверхностей заготовок (обрубка литья, сварных швов, прорубание кромок под сварку и пр.); обрубку кромок и заусенцев на кованых и литых заготовках; разрубание на части листового материала; вырубку отверстий в листовом материале; прорубание смазочных канавок и др.

Производится рубка в тисках на плите или на наковальне. Заготовки больших размеров при рубке закрепляют в стуловых тисках. Обрубка литья, сварных швов и приливов в крупных деталях осуществляется на месте. Ручная рубка весьма тяжелая и трудоемкая операция, поэтому необходимо стремиться максимально ее механизировать.

Инструменты, применяемые при рубке, относятся к режущим, они изготавливаются из углеродистых инструментальных сталей

марок У7, У7А, У8, У8А, реже из стали У11. Твердость рабочей части режущих инструментов после термической обработки должна составлять не менее HRC 53…56 на длине 30 мм, а ударной части – HRC 30…35 на длине 15 мм. Размеры режущих инструментов для рубки зависят от характера выполняемых работ и выбираются из стандартного ряда. В качестве ударного инструмента при рубке используют молотки различных размеров и конструкций. Наиболее часто при рубке используют слесарные молотки с круглым бойком различной массы.

Слесарное зубило, ширина режущей кромки которого может быть от 10 до 25 мм, состоит из трех частей: рабочей, средней, ударной. Как и при любой обработке резанием, режущая часть инструмента представляет собой клин (рис. 3.1, а).

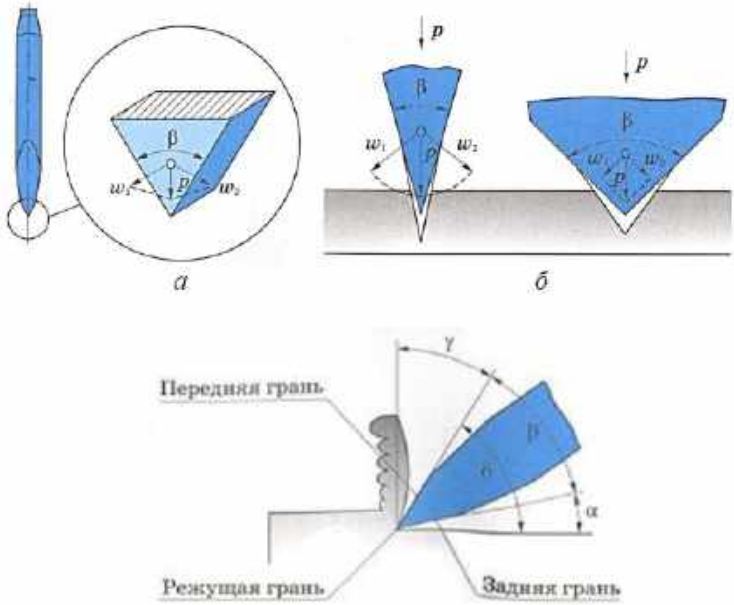


Рис. 3.1. Зубило слесарное:
а – общий вид зубила и его рабочей части; б – элементы резания при рубке:
P – сила резания; ω_1, ω_2 – составляющие силы резания;
β, β_1, β_2 – углы заострения; γ – передний угол; α – задний угол;
δ – угол резания; в – угол заострения и действие сил

Действие клинообразного инструмента на обрабатываемый металл изменяется в зависимости от положения клина и направления действия силы, приложенной к его основанию.

Различают два основных вида работы клина при рубке:

- ось клина и направление действия силы, приложенной к нему, перпендикулярны к поверхности заготовки. В этом случае заготовка разрубается на части (рис. 3.1, в);

- ось клина и направление действия силы, приложенной к его основанию, образуют с поверхностью заготовки угол, меньший 90°. В этом случае с заготовки снимается стружка (рис. 3.1, б).

Плоскости, ограничивающие режущую часть инструмента (рис. 3.1, в), называются поверхностями. Поверхность, по которой сходит стружка в процессе резания, называется передней, а противоположная ей поверхность, обращенная к обрабатываемой поверхности заготовки, – задней. Их пересечение образует режущую кромку инструмента. Угол между поверхностями, образующими рабочую часть инструмента, называется углом заострения и обозначается греческой буквой β (бета). Угол между передней и обработанной поверхностями называется углом резания и обозначается буквой δ (дельта). Угол между передней поверхностью и плоскостью, проведенной через режущую кромку перпендикулярно поверхности резания, называется передним углом и обозначается буквой γ (гамма).

Угол, образуемый задней и обработанной поверхностями, называется задним углом и обозначается буквой α (альфа).

Чем меньше угол заострения режущего клина, тем меньшее усилие необходимо прикладывать при резании. Однако с уменьшением угла резания уменьшается и поперечное сечение режущей части инструмента, а следовательно, и его прочность. В связи с этим величину угла заострения необходимо выбирать с учетом твердости обрабатываемого материала, которая определяет силу резания, необходимую для отделения слоя металла с поверхности заготовки, и силу удара по инструменту, необходимую для создания усилия резания. С увеличением твердости материала необходимо увеличивать и угол заострения режущего клина, так как сила удара по инструменту достаточно велика и его поперечное сечение должно обеспечить необходимую для восприятия этой силы площадь поперечного сечения. Значения этого угла для различных

материалов составляют приблизительно: чугун и бронза – 70°; сталь средней твердости – 60°; латунь, медь – 45°; алюминиевые сплавы – 35°.

Задний угол α определяет величину трения между задней поверхностью инструмента и обрабатываемой поверхностью заготовки, его величина колеблется в пределах 3-8°. Регулируется величина заднего угла изменением наклона зубила относительно обрабатываемой поверхности.

Крейцмейсель (рис. 3.2) отличается от зубила более узкой режущей кромкой, ширина режущей кромки может быть от 5 до 15 мм, реже 2 мм. Крейцмейсель применяют для вырубания канавок, прорубания шпоночных пазов и тому подобных работ. С целью предупреждения заклинивания крейцмейселя при работе его рабочая часть имеет постепенное сужение от режущей кромки к рукоятке. Термическая обработка рабочей и ударной частей, а также геометрические параметры режущей части и порядок определения углов заострения режущей части у крейцмейселей точно такие же, как и у зубила.

Канавочник (рис. 3.3) применяется для вырубания смазочных канавок во вкладышах и втулках подшипников скольжения и профильных канавок специального назначения. Режущие кромки канавочника могут иметь прямолинейную или полукруглую форму, которая выбирается в зависимости от профиля прорубаемой канавки. Канавочник отличается от зубила и крейцмейселя только формой рабочей части. Требования в отношении термической обработки и выбора углов заточки для канавочников такие же, как для зубила и крейцмейселя.

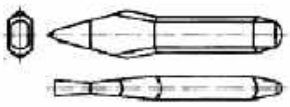


Рис. 3.2. Крейцмейсель



Рис. 3.3. Канавочник

Слесарные молотки (рис. 3.4) применяются при рубке в качестве ударного инструмента для создания силы резания и бывают двух видов – с круглым (рис. 3.4, а) и квадратным (рис. 3.4, б) бойком. Молотки с круглым бойком могут быть 6 номеров

в зависимости от массы (от 200 до 1000 г). Молотки с квадратным бойком могут быть 8 номеров также в зависимости от массы (от 50 до 1000 г).

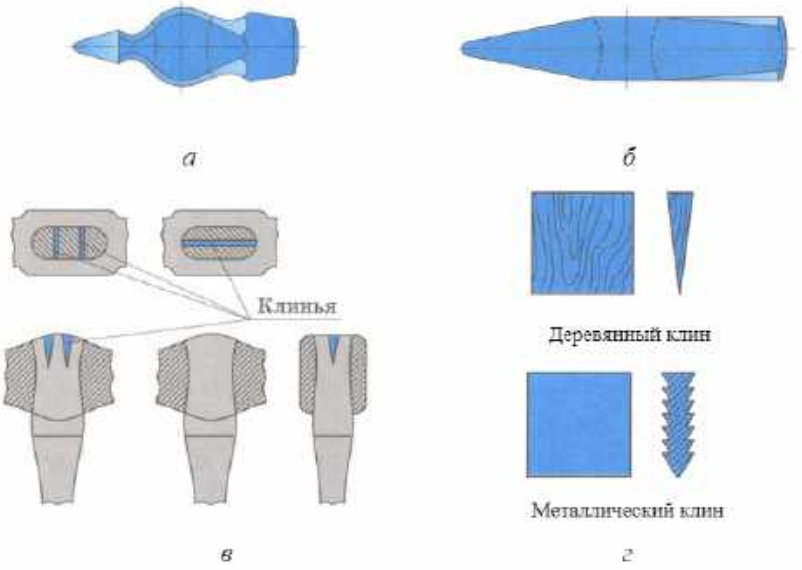


Рис. 3.4. Молотки слесарные:
а – с круглым бойком; б – с квадратным бойком; в – способы крепления ручки

Противоположный бойку конец молотка называют носком, он имеет клинообразную форму и скруглен на конце. Молоток закрепляют на ручке, которую при работе удерживают в руке, нанося удары по инструменту (зубилу, крейцмейселю, канавочнику). Для надежного удерживания молотка на рукоятке и предупреждения его соскакивания во время работы используют деревянные или металлические клинья (обычно один-два клина), которые забивают в рукоятку (рис. 3.4, в) там, где она входит в отверстие молотка. Ударная часть молотков изготавливается из углеродистых инструментальных сталей марок У7, У7А, У8, У8А, реже из стали У11. Твердость рабочей части режущих инструментов после термической обработки должна составлять не менее HRC 53…56 на длине 30 мм, а ударной части – HRC 30…35 на длине 15 мм. Рукоять

инструмента изготавливается из твердых пород деревьев таких как: береза, граб, кизил, хорошо высушенная осина.

Правила и приемы выполнения рубки по плоскости и под угол

Рубку заготовок небольшого размера (до 150 мм) из листового материала, широких поверхностей стальных и чугунных заготовок небольших размеров, а также прорубание канавок во вкладышах подшипников выполняют в тисках.

На плите или наковальне выполняют разрубание заготовок на части или вырубание по контуру заготовок из листового материала. Рубку на плите применяют в тех случаях, когда обрабатываемую заготовку невозможно или сложно закрепить в тисках.

При рубке и заточке режущего инструмента необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

– устанавливать на верстак защитный экран;

– прочно закреплять заготовку в тисках;

– не пользоваться молотком, зубилом, канавочником, крецмейселем с расплющенным бойком. Расклепанную часть бойка удалять на заточном станке;

– не пользоваться молотком, слабо насаженным на рукоятку;

– выполнять рубку только острозаточенным инструментом;

– пользоваться индивидуальными защитными очками или защитным экраном, установленным на станке, во избежание травм глаз.

В зависимости от твердости обрабатываемого материала и его толщины молотком по зубилу наносят удары различной силы. Различают кистевой (60 уд./мин), локтевой (50 уд./мин) и плечевой (40 уд./мин) удары (рис. 3.5). Кистевым (рис. 3.5, а) ударом снимают небольшие неровности и тонкие стружки, локтевым (рис. 3.5, б) – срубают лишний металл и разрубают на части заготовку небольшой толщины. При кистевом ударе молоток перемещается за счет движения кисти руки.

При локтевом ударе рука сгибается в локте и удар становится сильнее. Локтевым ударом срубают лишний металл и разделяют заготовки на части.

Плечевым ударом (рис. 3.5, в) – срубают толстые стружки, разрубают прутки, полосы большой толщины.



Рис. 3.5. Виды замахов молотка:
а – кистевой; б – локтевой; в – плечевой

Производительность и чистота рубки металла зависят от правильных приемов работы (рис. 3.6). При рубке надо стоять устойчиво и прямо, вполоборота к тискам. Молоток полагается держать за ручку на расстоянии 15-20 мм от конца и наносить сильные удары по центру головки зубила. Смотреть следует на лезвие зубила, а не на его головку, в противном случае лезвие зубила пойдет неправильно. Зубило полагается держать на расстоянии 20-25 мм от головки.

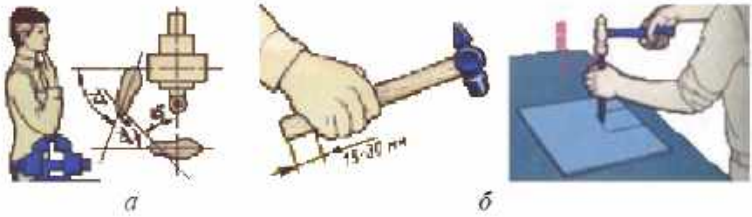


Рис. 3.6. Приемы работы:
а – стойка при рубке; б – приемы держания инструмента

При рубке во избежание ушибов и ранений необходимо соблюдать следующие меры предосторожности:

– прочно насаживать молоток или кувалду на ручку;

– надежно укреплять металл в тисках и при рубке на наковальне;

– поддерживать отрубаемую часть заготовки;

– применять ограждающие сетки при рубке твердого или хрупкого металла, чтобы отлетающие осколки не поранили работающего или находящегося вблизи человека;

– работать исправным инструментом и на исправных станках;

– работать можно только исправным инструментом. Ударная часть зубила и молотка должна быть без трещин и заусениц;

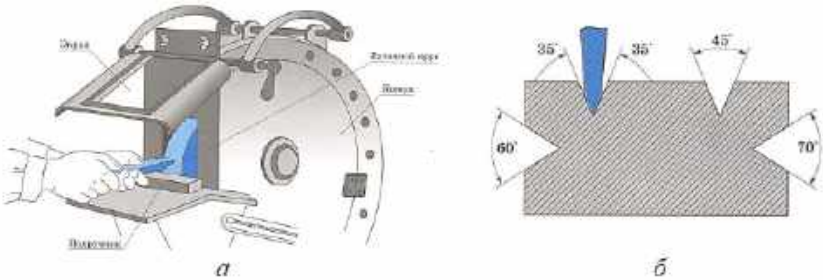
– не проверяйте качество рубки рукой на ощупь.

– в конце рубки ослабляйте силу удара;

– нельзя стоять за спиной работающего.

Для того чтобы придать рабочей части зубила, крейцмейселя или канавочника необходимый угол заострения, нужно произвести его заточку.

Заточка режущего инструмента осуществляется на заточных станках (рис. 3.7, а). Затачиваемый инструмент устанавливают на подручник и с легким нажимом медленно перемещают его по всей ширине шлифовального круга. В процессе заточки инструмент периодически охлаждают в воде.



а *б*

Рис. 3.7. Заточной станок:
а – заточной узел станка; б – шаблон для контроля углов заточки

Заточку поверхностей режущего клина ведут поочередно – то одну сторону, то другую, что обеспечивает равномерность заточки и получение правильного угла заострения рабочей части инструмента. Шлифовальный круг в процессе работы должен быть закрыт кожухом. Защита глаз от попадания абразивной пыли производится с помощью специального защитного экрана или защитных очков. Контроль угла заострения режущего инструмента в процессе заточки осуществляют при помощи специального шаблона (рис. 3.7, б). При заточке инструмента необходимо выполнять следующие требования:

– устанавливать подручник заточного станка таким образом, чтобы зазор между подручником и заточным кругом не превышал 3 мм;

– прижимать инструмент режущей частью к периферии заточного круга, опираясь при этом на подручник;

– периодически охлаждать инструмент водой, опуская его в специальную емкость. Охлаждение производится с целью предупреждения перегрева инструмента в процессе затачивания и отпуска его рабочей части, приводящего к снижению твердости режущей части инструмента;

– проверять угол заточки инструмента по шаблону;

– следить за симметричностью лезвия инструмента относительно его оси.

Задание 1. Изучить теоретические сведения о слесарной операции рубка металлов по плоскости и под угол:

а) ознакомиться с назначением и классификацией режущего и ударного инструмента для выполнения рубки по плоскости и под угол;

б) ознакомиться с правилами и приемами выполнения рубки по плоскости и под угол.

Задание 2. Выполнить слесарную операцию рубка заготовки из чугуна по плоскости и под угол (табл. 3).

Таблица 3

Задание для практического выполнения по теме «Рубка металлов по плоскости, под угол»

№ варианта	Срубить с заготовки по разметочной риске слой металла, мм	Вырубить контур	Прорубить канавки глубиной 2 мм шириной *x* мм через 9 мм
1	0,5	Круг диаметром 100 мм	5
2	1	Квадрат 100×100 мм	7
3	1,5	Равносторонний треугольник а = 100 мм	10
4	2	Прямоугольник со сторонами а = 100 мм, в = 150 мм	12
5	2,5	Круг диаметром 120 мм	15

Контрольные вопросы

1. Что называется рубкой?
2. Какие инструменты применяются при рубке?
3. Назовите основные части режущего инструмента.
4. Из какого материала изготавливают режущий инструмент?
5. Какие углы заточки зубила в зависимости от обрабатываемого материала?
6. Чему равен задний угол при рубке металла? Его назначение.
7. В чем отличие зубила от крейцмейселя?
8. Какие виды замахов вы знаете?

Лабораторная работа №4
ОПИЛИВАНИЕ ПЛОСКОСТИ

Цель работы: 1) ознакомиться с теоретическими сведениями о слесарной операции опиливание металлов по плоскости и под угол; 2) получить практические умения и навыки по выполнению слесарной операции опиливание металлов по плоскости и под угол.

Оборудование: верстак слесарный ОРГ-1468-01-060А, тиски слесарные.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II, штангенрейсмус, уголок.

Инструменты: набор слесарных напильников.

Материалы: заготовка из чугуна размерами 100×50×100 мм.

Основные сведения о слесарной операции опиливание металлов

Опиливание – это операция по удалению с поверхности заготовки слоя материала при помощи режущего инструмента – напильника, целью которой является придание заготовке заданных формы и размеров, а также обеспечение заданной шероховатости поверхности. Напильник состоит из рабочей части и хвостовой. Рабочая часть имеет носок, ребро, грань и пяту, на хвостовик насаживается деревянная рукоять. В большинстве случаев опиливание производят после рубки и резания металла ножовкой, а также при сборочных работах для пригонки детали по месту.

В слесарной практике опиливание применяется для обработки следующих поверхностей: плоских и криволинейных; плоских, расположенных под наружным или внутренним углом; плоских параллельных под определенный размер между ними; фасонных сложного профиля.

Кроме того, опиливание используется для обработки углублений, пазов и выступов.

Различают черновое и чистовое опиливание. Обработка напильником позволяет получить точность обработки деталей до 0,05 мм, а в отдельных случаях и более высокую точность. Припуск на обработку опиливанием (разница между номинальным размером детали и размером заготовки для ее получения) обычно небольшой и составляет от 1,0 до 0,5 мм.

Инструменты, применяемые при опиливании

Основными рабочими инструментами, применяемыми при опиливании, являются напильники, рашпили и надфили.

Напильники представляют собой стальные закаленные бруски, на рабочих поверхностях которых нанесено большое количество насечек или нарезок, образующих режущие зубья напильника. Эти зубья обеспечивают срезание с поверхности заготовки небольшого слоя металла в виде стружки. Напильники изготавливают из инструментальных углеродистых сталей марок У10, У12, У13 и инструментальных легированных сталей марок ШХ6, ШХ9, ШХ12.

Насечки на поверхности напильника образуют зубья, причем чем меньше насечек на единицу длины напильника, тем крупнее зубья. По виду насечек различают напильники с одинарной (рис. 4.1, а), двойной (перекрестной) (рис. 4.1, б) и рашпильной (рис. 4.1, в) насечками.

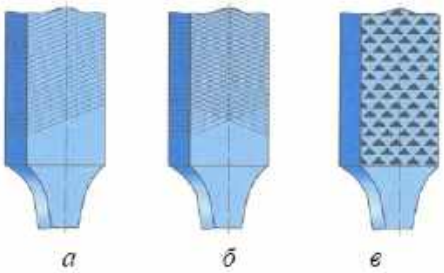


Рис. 4.1. Типы насечек:
а – одинарная; б – двойная; в – рашпильная

Напильники с одинарной насечкой срезают металл широкой стружкой, равной всей длине зуба, что требует приложения больших усилий. Такие напильники применяются для обработки цветных металлов, их сплавов и неметаллических материалов.

Напильники с двойной насечкой имеют основную насечку (более глубокую) и нанесенную поверх нее вспомогательную (более мелкую), которая обеспечивает дробление стружки по длине, что снижает усилия, прикладываемые к напильнику при работе. Шаг нанесения основной и вспомогательной насечек неодинаков, поэтому зубья напильника располагаются друг за другом по

прямой, составляющей с осью напильника угол 25°. Такое расположение зубьев на напильнике обеспечивает частичное перекрытие следов от зубьев на обработанной поверхности, что уменьшает ее шероховатость.

Напильники с рашпильной насечкой (рашпили) имеют зубья, которые образуются выдавливанием металла из поверхности заготовки напильника при помощи специального насекательного зубила. Каждый зуб рашпильной насечки смещен относительно расположенного впереди зуба на половину шага. Такое расположение зубьев на поверхности напильника обеспечивает уменьшение глубины канавок, образованных зубьями, за счет частичного перекрытия следов зубьев на поверхности заготовки, что облегчает резание. Рашпили применяют для опиливания мягких материалов (баббит, свинец, дерево, каучук, резина, некоторые виды пластмасс). Насечки на поверхности напильника получают различными методами: насеканием (рис. 4.2, а) на специальных станках, фрезерованием (рис. 4.2, б) и протягиванием (рис. 4.2, в). Независимо от способа получения насечки зубья, образованные на поверхности напильника, имеют форму режущего клина, геометрическая форма которого определяется углом заострения β, задним углом α, передним углом γ и углом резания δ (рис. 4.2, а).

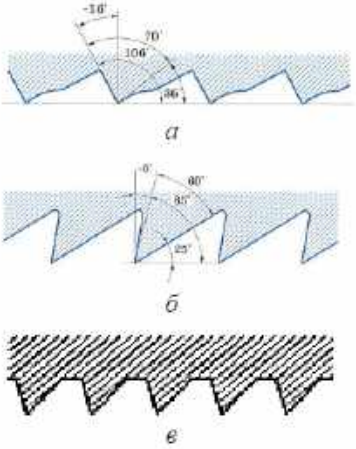


Рис. 4.2. Форма зубьев напильника:
а – насеченные: α – задний угол, β – угол заострения, δ – угол резания, γ – передний угол; б – фрезерованные; в – протянутые

Передний угол – это угол между передней поверхностью зуба и плоскостью, проходящей через его вершину перпендикулярно оси напильника. *Угол заострения* – это угол между передней и задней поверхностями зуба. *Задний угол* – это угол между задней поверхностью зуба и касательной к обработанной поверхности. *Угол резания* – это угол между передней поверхностью зуба и плоскостью обработанной поверхности.

Напильники классифицируются в зависимости от числа насечек на 10 мм длины напильника на 6 классов. Насечки имеют номера от 0 до 5, при этом чем меньше номер насечки, тем больше расстояние между насечками и соответственно крупнее зуб. Выбор номера напильника зависит от характера работ, которые будут им выполняться. Чем выше требования к точности обработки и шероховатости обработанной поверхности, тем более мелким должен быть зуб напильника.

Для грубого чернового опиливания (шероховатость Rz 160… 80, точность 0,2…0,3 мм) применяются напильники 0-го и 1-го классов (драчевые), имеющие от 5 до 10 зубьев на 10 мм насеченной части в зависимости от длины напильника.

Для выполнения чистовой обработки (шероховатость Rz 40… 20, точность 0,05…0,1 мм) используются напильники с более мелким зубом 2-го и 3-го классов (личные), имеющие от 10 до 20 насечек на 10 мм длины насеченной части напильника.

Для пригоночных, отделочных и доводочных работ (шероховатость поверхности Ra 2,5…1,25, точность 0,02…0,05 мм) применяются напильники с мелкими и очень мелкими зубьями 4-го и 5-го классов (бархатные), имеющие от 20 до 56 насечек на 10 мм длины насеченной части.

Для выполнения слесарных работ предназначены напильники с двойной насечкой, выполненной методом насекания.

Такие напильники изготовляют с различной формой поперечного сечения, которая выбирается в зависимости от формы обрабатываемой поверхности:

- *плоские напильники* (рис. 4.3, а, б) – для опиливания плоских и выпуклых широких наружных поверхностей и распиливания прямоугольных отверстий;

- *квадратные напильники* (рис. 4.3, в) – для распиливания квадратных и прямоугольных проемов, прямоугольных пазов и узких плоских наружных поверхностей;

- *трехгранные напильники* (рис. 4.3, г) – для распиливания отверстий и пазов с углами более 60°;

- *круглые напильники* (рис. 4.3, д) – для распиливания круглых и овальных отверстий, а также вогнутых поверхностей малого радиуса закругления, которые не могут быть обработаны полукруглым напильником;

- *полукруглые напильники* (рис. 4.3, е) – для опиливания вогнутых поверхностей большого радиуса закругления и галтелей;

- *ромбические напильники* (рис. 4.3, ж) – для опиливания зубьев зубчатых колес, звездочек, для распиливания профильных пазов и поверхностей, расположенных под острыми углами;

- *ножовочные напильники* (рис. 4.3, з) – для опиливания внутренних углов менее 10°, а также клиновидных канавок, узких пазов, зубьев зубчатых колес, плоских поверхностей и отделки углов в трехгранных, прямоугольных и квадратных отверстиях.

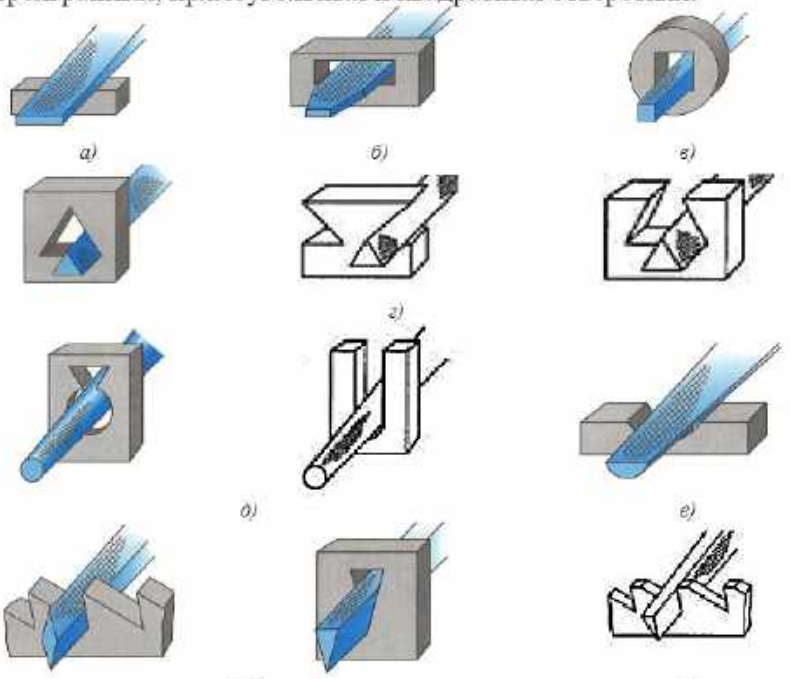


Рис. 4.3. Формы поперечного сечения напильников обрабатываемых поверхностей:

а, б – плоская; в – квадратная; г – трехгранная; д – круглая; е – полукруглая; ж – ромбическая; з – ножовочная

Рашпили по форме поперечного сечения могут быть плоские тупоконечные, плоские остроконечные, круглые и полукруглые. Рашпили изготавливают с мелкой и крупной насечкой.

Для обработки мелких деталей применяют специальные напильники – *надфили*, имеющие малую длину (80, 120 или 160 мм) и различную форму поперечного сечения.

Надфили имеют также двойную насечку: основную – под углом 25° и вспомогательную – под углом 45°.

Для обеспечения высокого качества опиливания необходимо правильно выбирать профиль поперечного сечения, длину и насечку напильника.

При выборе длины напильника используют следующие условия: для деталей небольшой длины

$$l_н = 3 \cdot l_д, мм, \quad (1)$$

или если деталь большой длины, то

$$l_н = 150 + l_д, мм, \quad (2)$$

где $l_н$ – длина напильника;

$l_д$ – длина детали.

Правила и приемы опиливания плоских поверхностей

Правильная постановка корпуса, ног и положение рук (хватка напильника) при опиливании

Рабочие движения и балансировка при работе напильником. Опиливанием называется операция при обработке металлов и других материалов по снятию небольших слоев металла (материала) напильниками или на опиловочных станках. Чтобы правильно опиливать, необходимо правильно производить нажим и передвигать напильник.

1) Высоту положения тисков выбирают по росту работающего так, чтобы при наложении локтевой части руки на губки тисков между локтевой и плечевой частями руки образовывался угол 90° (рис. 4.4). Если высота тисков не соответствует росту работающего, ее регулируют специальными подставками или поднимают

верстак с тисками.

Перед началом работы напильник должен находиться с правой стороны тисков рукояткой к работающему.

2) Верхняя кромка бруска, зажатого в тисках, должна находиться на высоте 5-10 мм над их рабочей поверхностью. Губки тисков следует зажимать только усилием рук.

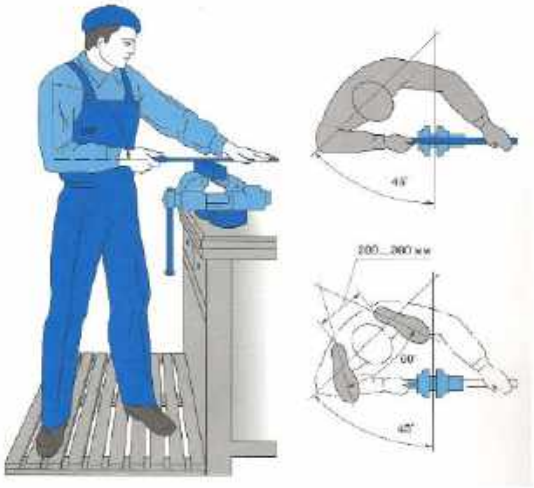


Рис. 4.4. Постановка корпуса и положение ступней ног при опиливании

3) Перед тисками надо стоять прямо и устойчиво вполоборота к ним (под углом 45°). Левую ногу необходимо установить около верстака, а правую отодвинуть назад и вправо примерно на расстояние 250 мм, чтобы угол между средними линиями ступней составил 60°.

4) Захват рукоятки напильника правой рукой осуществляют в два приема: кисть правой руки располагают так, чтобы овальная головка рукоятки упиралась в мякоть ладони (рис. 4.5, а); большой палец накладывают вдоль оси рукоятки, а остальными пальцами обхватывают рукоятку, прижимая ее к ладони (рис. 4.5, б).

Левую руку накладывают поперек напильника на расстоянии 20-30 мм от его конца (рис. 4.6, а, б).

5) Напильник помещают на деревянный брусок и принимают рабочее положение, при котором локтевая часть левой руки должна принять положение, близкое к горизонтальному.



а) *б)*

Рис. 4.5. Положение кисти правой руки на рукоятке напильника



а) *б)*

Рис. 4.6. Положение левой руки на напильнике

Отработка рабочих движений и балансировки при работе напильником состоит из двух учебных заданий, выполняемых обучающимися для усвоения координации движения и получения первичного навыка в балансировке напильником.

Учебное задание 1 по опиливанию двух стальных пластин, установленных на расстоянии 80 мм друг от друга, состоит в освоении приемов правильного балансирования напильником и соблюдении ритма движений (рис. 4.7).

а) На двух стальных пластинках наносятся (по длине) риски на расстоянии 6 мм от кромки.

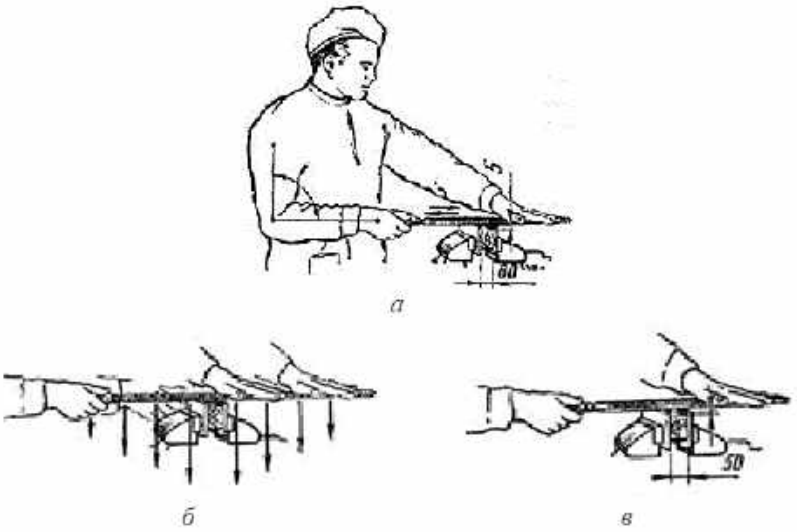
б) Две стальные пластинки (на расстоянии 80 мм друг от друга) и деревянную прокладку зажимают в тисках; края пластин выступают над уровнем губок тисков на 5 мм.

в) Принимают рабочее положение, напильник берут правой рукой за рукоятку, накладывают его на ребра стальных пластин, а левую руку помещают на напильнике.

г) По узким граням двух стальных пластин выполняют движения драчевым изношенным напильником в горизонтальной плоскости пластин.

Движение напильником осуществляется при согласованных действиях обеих рук. Усилие в горизонтальном направлении (вдоль напильника) необходимо для создания его движения при

рабочем и холостом ходах, а в вертикальном направлении – для нажима на обрабатываемую поверхность только при рабочем ходе. При этом вертикальное усилие изменяется в зависимости от положения напильника на обрабатываемой плоскости: при среднем положении прикладывается наибольшее усилие и при крайних – меньшее (стрелки-векторы на рис. 4.7, б). При работе напильником от себя вес тела будет передаваться на левую ногу, а при движении напильника к себе нагрузка переместится на правую ногу.



а *б* *в*

Рис. 4.7. Тренировочные упражнения по развитию навыка работы напильником

Учебное задание 2 по опиливанию двух стальных пластинок, установленных на расстоянии 50 мм друг от друга (рис. 4.7, в), выполняется в той же последовательности, как и первое, и предназначено для приобретения навыков в балансировке напильником и при меньшей длине опиливания.

Проверка правильности координации горизонтальных движений и балансировки напильником определяется по высоте опиливаемых кромок. Если слой металла снимается равномерно, то обе кромки будут иметь одинаковую высоту. Если высота кромок неодинакова, значит при опиливании были неправильно распределены усилия.

В начальный период обучения темп работы должен регулироваться и составлять не более 50 двойных движений в минуту. Чтобы снизить утомляемость обучающихся, следует чередовать работу (5 мин) с отдыхом (2-3 мин).

Опиливание широких плоских поверхностей

В зависимости от того, в каком направлении движется напильник, штрихи, оставляемые им, могут быть продольными, поперечными, наклонными (слева направо, справа налево) и перекрестными.

Учебное задание 2 заключается в опиливании плоскости чугунной плитки размером 100×50 мм драчевым напильником с выполнением прямых штрихов по длине плитки. Длина напильника должна быть больше длины опиливаемой поверхности не менее чем на 150-200 мм.

Плитку зажимают в тисках так, чтобы широкая опиливаемая плоскость находилась в горизонтальном положении и выступала над губками тисков на 8-10 мм. Прием опиливания прямым штрихом показан на рисунке 4.8, а.

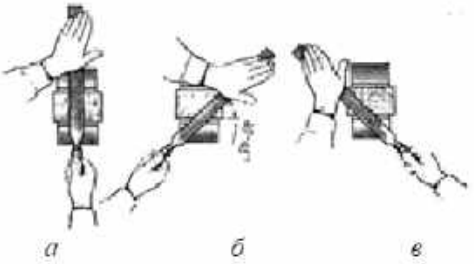


Рис. 4.8. Приемы опиливания:
а – прямым штрихом; б – косым штрихом слева направо;
в – косым штрихом справа налево

По мере опиливания напильник перемещают по всей ширине опиливаемой плоскости. Его следует двигать не только вперед, но перемещать в стороны (вправо и влево) для снятия равномерного слоя металла со всей поверхности (рис. 4.9). Во время движения напильник все время должен оставаться в горизонтальном положении. Если это условие не соблюдается, то опиливаемая

поверхность будет иметь «заваленные края». Для контроля необходимо периодически проверять правильность опиливания линейкой. Темп движения напильником 40-50 ходов в минуту.

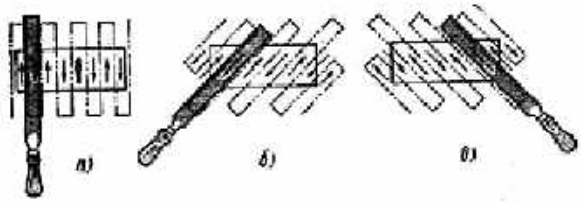


Рис. 4.9. Схема движения напильника:
а – прямой штрих; б – косой штрих слева направо;
в – косой штрих справа налево

Прием опиливания косым штрихом слева направо показан на рисунке 8, б. Напильник необходимо перемещать в соответствии со схемой, приведенной на рисунке 4.9, б. При этом способе опиливания напильник следует передвигать одновременно и вдоль детали, и вправо – для снятия равномерного слоя металла со всей поверхности. Правильность опиливания проверяют линейкой.

Прием опиливания косым штрихом справа налево показан на рисунках 4.8, в и 4.9, в.

Учебное задание 2 заключается в опиливании поверхности стальной плитки драчевым и личным напильником с выполнением перекрестных штрихов. Прием опиливания перекрестным штрихом более производителен и позволяет получить правильную поверхность.

Перекрестное опиливание выполняют драчевым напильником. Сначала всю поверхность опиливают слева направо, затем производят опиливание прямым штрихом и, не прерывая работу, переходят к опиливанию косым штрихом справа налево.

Опиливание выполнено верно, если штрихи расположены только на выпуклостях и перекрывают друг друга. Такое опиливание производят до тех пор, пока не будет снят необходимый слой металла. Качество обработки проверяют линейкой.

После опиливания поверхности драчевым напильником переходят к обработке (чистовой) личным напильником. Правильность опиленной плоскости проверяют линейкой. Для этого с поверхности заготовки щеткой или тряпкой удаляют опилки и вынимают

заготовку из тисков. Затем, взяв линейку в правую руку, осторожно прикладывают ее перпендикулярно обработанной поверхности. (Перемещать линейку по поверхности не следует, так как рабочая кромка изнашивается и теряет прочность.) Контроль осуществляют в нескольких местах, держа заготовку на уровне глаз и проверяя равномерность просвета (рис. 4.10). Если просвет узкий и равномерный, то поверхность опилена правильно.

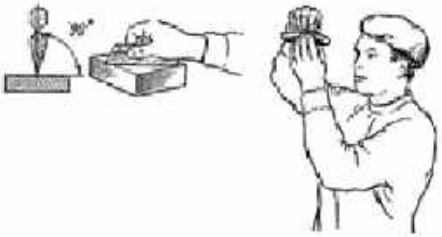


Рис. 4.10. Положение линейки при проверке плоскости поверхности

Опиливание плоских поверхностей, сопряженных под внешним углом 90° (рис. 4.11). Ранее обработанную поверхность принимаем за базу. Чтобы не повредить обработанную поверхность детали, ее зажимают в тисках с алюминиевыми или медными нагубниками. При зажиме следует обращать внимание на хорошее закрепление губок тисков, не допускать перекоса детали. Верхняя горизонтальная поверхность детали должна находиться выше уровня губок тисков на 8-10 мм. Крепление должно быть прочным и надежным.

Опиливать поверхность *драчевым напильником* следует перекрестным штрихом (рис. 4.11), периодически контролируя прямолинейность плоскостей линейкой, а перпендикулярность к базовой поверхности – поверочным угольником.

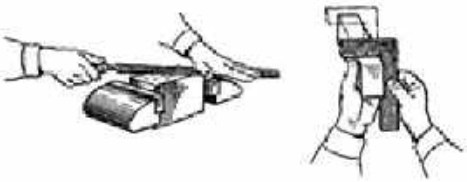


Рис. 4.11. Опиливание плоскостей, расположенных под углом 90°, и проверка угла угольником

Чистовое опиливание личным напильником следует производить по разметке, проверяя правильность опиливания линейкой и угольником до тех пор, пока опиливаемая поверхность будет точно подогнана к базовой поверхности под углом 90°. В такой же последовательности опиливают вторую боковую сторону.

Проверку внешнего угла сопряжения осуществляют угольником. Для этого заготовку вынимают из тисков, с помощью щетки или тряпки удаляют с поверхности опилки; затем берут заготовку в левую, а угольник – в правую руку. Далее внутреннюю рабочую грань угольника прикладывают к базовой поверхности так, чтобы между второй гранью и опиливаемой поверхностью оставался зазор 2-3 мм (за базу принимают более длинную сторону угольника). Приложенную к базовой поверхности грань угольника плавно, без нажима сдвигают до соприкосновения второй грани с опиливаемой поверхностью и на глаз определяют зазор. Если световой зазор будет равномерным и узким, то поверхность опилена правильно. Если зазор неравномерный, то на просвет определяют место, подлежащее дополнительному опиливанию. Проверку на просвет производят в нескольких местах. (Положение угольника должно быть перпендикулярным к плоскости сечения изделия.)

Задание 1. Изучить теоретические сведения о слесарной операции опиливание металлов по плоскости и под угол:

а) ознакомиться с назначением и классификацией режущего инструмента для выполнения опиливания плоскости и под угол;

б) ознакомиться с правилами и приемами выполнения опиливания плоскости и под угол.

Задание 2. Выполнить слесарную операцию опиливание заготовки из чугуна с размерами 100×50×100 мм по плоскости и под угол 90°.

Контрольные вопросы

1. Что называется опиливанием?
2. Какие инструменты применяются при опиливании?
3. Расскажите конструкцию напильника.
4. Как классифицируются напильники?
5. Способы получения зубьев на поверхности напильника.
6. Как различаются напильники по количеству зубьев на 10 мм рабочей длины?
7. Какой профиль поперечного сечения напильников?
8. Выберите длину напильника для детали размером 200×200 мм.

Лабораторная работа №5
ШАБРЕНИЕ ПЛОСКОСТИ

Цель работы: 1) ознакомиться с теоретическими сведениями о слесарной операции шабрение металлов по плоскости; 2) получить практические умения и навыки по выполнению слесарной операции шабрение металлов по плоскости.

Оборудование: верстак слесарный ОРГ-1468-01-060А, тиски слесарные.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II, штангенрейсмус, уголок.

Инструменты: набор слесарных шаберов.

Материалы: заготовка из чугуна размерами 100×50×100 мм.

Основные сведения о слесарной операции шабрение металлов

Шабрение – это окончательная слесарная операция, заключающаяся в соскабливании очень тонких слоев материала с поверхности заготовки с помощью режущего инструмента – шабера. Шабрение применяется в тех случаях, когда необходимо обработать поверхности с очень малой шероховатостью. Как правило, шабрению подвергаются сопрягаемые поверхности, перемещающиеся друг относительно друга (трущиеся поверхности). С его помощью достигается плотное прилегание сопрягаемых поверхностей, надежное удерживание смазки между трущимися поверхностями и получаются точные размеры деталей.

Шабрением обрабатываются как плоские, так и криволинейные поверхности (например, направляющие станков), поверхности подшипников скольжения, детали приборов, а также поверхности различных инструментов и приспособлений (например, поверочные плиты, угольники, линейки). За один проход шабер может удалить с поверхности заготовки очень тонкий слой металла толщиной не более 0,007 мм. При средних усилиях, прикладываемых к инструменту, толщина снимаемой стружки составляет 0,01-0,03 мм. Шабрение является весьма трудоемкой операцией и требует чрезвычайно высокой квалификации слесаря. В практике слесарных работ шабрение занимает около 20%, поэтому большое значение имеют механизации труда и замена ручного шабрения станочными методами обработки.

Инструменты и приспособления, применяемые для шабрения

Режущим инструментом при шабрении является шабер. *Шаберы* различаются по конструкции – цельные и составные, по форме режущей кромки – плоские, трехгранные и фасонные, а также по числу режущих граней – односторонние и двухсторонние. Шаберы изготовляются из углеродистых инструментальных сталей марок У10…У13. Составные шаберы могут оснащаться пластинами из быстрорежущей стали или твердого сплава.

Для шабрения плоских поверхностей используются одно- или двухсторонние шаберы с прямолинейной или криволинейной режущей кромкой (рис. 5.1, а, б, в).

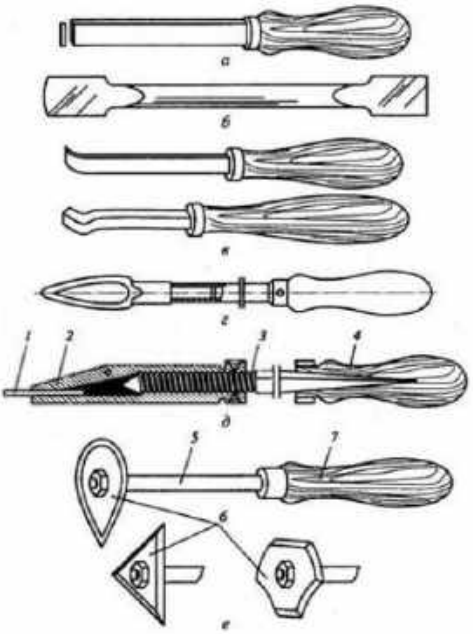


Рис. 5.1. Шаберы:
а – односторонний с прямолинейной режущей кромкой; б – двухсторонний; в – изогнутый двухсторонний; г – трехсторонний; д, е, – составные; 1, 6 – сменные пластины; 2 – держатель; 3 – зажимной винт; 4, 5 и 7 – рукоятка

Геометрические параметры шаберов зависят от вида обработки, материала заготовки и угла установки инструмента по

отношению к обрабатываемой поверхности. Торцевая поверхность шабера затачивается под углом заострения 90…100° по отношению к оси инструмента. При черновой обработке угол заострения равен 75…90°, при чистовой – 90°, а при отделочной – 90…100°. Угол заострения для чугуна и бронзы выбирается равным 90…100°, для стали – 75…90°, а для мягких металлов – 35…40°.

Выбор длины режущей кромки и радиуса ее закругления зависит от твердости обрабатываемого материала и заданной шероховатости обработанной поверхности. Чем тверже обрабатываемый материал и выше требования к чистоте обработанной поверхности, тем более узкой должна быть режущая кромка шабера и меньшим радиус закругления. Для чернового шабрения применяются шаберы с шириной режущей кромки 20…30 мм, для получистового – 15…20 мм и для чистового – 5…12 мм. Радиус закругления режущей кромки для чернового шабрения 50 мм, для получистового – 40 мм и для чистового – 50 мм.

Поскольку шабрение является заключительной операцией слесарной обработки, то качество ее выполнения необходимо контролировать в течение всего процесса. Для этих целей предназначены поверочные инструменты. Припуск при шабрении может быть 0,1…0,4 мм, чем больше и сложней поверхность, тем больше припуск на обработку.

К контролирующим инструментам (рис. 5.2) относятся: поверочные плиты для контроля широких плоских поверхностей; плоские поверочные линейки (рис. 5.2, а, б), применяемые при контроле шабрения длинных и сравнительно узких плоских поверхностей; трехгранные угловые линейки (рис. 5.2, в), использующиеся при контроле шабрения поверхностей, расположенных под внутренним углом, *угловые плиты* – для контроля качества шабрения поверхностей под прямым углом; а также *поверочные валики* – для контроля шабрения цилиндрических поверхностей и выемок. Контроль качества шабрения всеми этими инструментами основан на выявлении неровностей на обработанной шабрением поверхности.

Неровности на обрабатываемой поверхности становятся видимыми после наложения ее на окрашенный поверочный инструмент или наоборот, после наложения окрашенного инструмента на обработанную поверхность и взаимного их перемещения друг относительно друга.

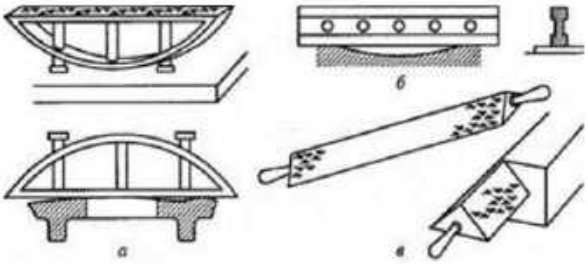


Рис. 5.2. Поверочные инструменты:
а, б – плоские линейки; в – трехгранная линейка

Выбор способа подготовки поверхности под шабрение зависит от ее состояния (степень изношенности, наличие или отсутствие царапин или забоин). Если износ поверхности достигает 0,5…1 мм на 100 мм длины поверхности, то ее предварительную обработку перед шабрением выполняют на металлорежущих станках строганием, фрезерованием или шлифованием.

Подготовка для шабрения поверхностей небольших размеров осуществляется опиливанием ее драчевыми и личными напильниками «на краску» с помощью соответствующих проверочных инструментов. Поверхность считается подготовленной к шабрению, если при наложении на нее лекальной линейки зазор при проверке щупом не превышает 0,05 мм. Перед началом шабрения острые кромки на заготовке следует притупить, используя для этого личной напильник.

Поверочную плиту очищают от пыли и грязи, промывают керосином и насухо протирают.

Существует два способа нанесения краски на поверочные плиты.

1) Непосредственно тампоном натирают всю поверхность поверочной плиты для опиливания по краске или шабрения. Процесс натирания плиты краской осуществляется движением тампона по поверхности плиты без отрыва тампона от нее. При растирании следует периодически смещать тампон за край плиты, где при обратном движении острая грань плиты очищает поверхность тампона от комочков краски.

2) На небольшую площадь, начиная от угла поверочной плиты, тампоном наносят краску и круговыми движениями кубика по

окрашенной площади поверочной плиты переносят краску на его грань, затем накладывают кубик окрашенной плоскостью на поверочную плиту и круговыми движениями наносят на нее краску.

Перед опиливанием или шабрением плоскость детали проверяют на контрольной плите, для чего деталь осторожно устанавливают обрабатываемой плоскостью на окрашенную поверхность контрольной плиты и передвигают деталь взад и вперед и по кругу по всей поверхности плиты с небольшим равномерным нажимом (рис. 5.3, б).

Деталь осторожно снимают с плиты. На поверхности детали будут окрашены выпуклые места, которые необходимо опилить (рис. 5.3, б).



Рис. 5.3. Подготовка детали к опиливанию или нарезанию: а – прием нанесения краски на обрабатываемую поверхность; б – пятна краски на обрабатываемой поверхности; в – прием опиливания по краске

Прием опиливания по краске состоит в следующем: деталь прочно закрепляют в тисках; для устранения скольжения по краске и засаливания насечки напильник натирают мелом; напильник двигают вкруговую, снимая слой металла с окрашенных мест (рис. 5.3, в). Для предотвращения образования глубоких рисок надо чаще очищать напильник стальной щеткой. Опиливание следует вести осторожно, так как при излишних проходах напильник может оставить царапины. После опиливания окрашенных пятен деталь освобождают из тисков и вторично проводят проверку плоскости на окрашенной поверочной плите, затем продолжают опиливать слой металла по новым пятнам краски. Чередование опиливания и проверки повторяется до тех пор, пока не будет

получена ровная поверхность с большим числом пятен на поверхности детали (особенно по краям).

Шабрение плоских поверхностей

Процесс шабрения предусматривает подгонку обрабатываемых поверхностей по контрольным плитам, линейкам или сопрягаемым плоскостям с помощью шаберов. В зависимости от точности шабрения шаберы должны иметь ширину, мм:

- для грубого предварительного шабрения 20-30;
- для чистого шабрения 10-15;
- для точного шабрения 5-10.

Кроме цельных шаберов из углеродистой инструментальной стали, применяют шаберы со вставными пластинками из твердого сплава (рис. 5.4). Эти шаберы используют в работе продолжительное время, а в случае затупления режущей кромки, сменную пластинку заменяют новой.



Рис. 5.4. Шабер со вставной пластинкой из твердого сплава

Подготовка к шабрению состоит в следующем: насухо протирают поверочную плиту и на ее поверхность наносят краску; призму зажимают в тисках так, чтобы плоскость, подлежащая шабрению, была наверху.

Краски, применяемые для выявления неровностей на поверхности заготовки, подлежащей шабрению, и для контроля качества самого шабрения, представляют собой смесь машинного масла с лазурью, суриком или ультрамарином (синькой). Лазурь может быть заменена сажей, смешанной с автолом и керосином.

Качество шабрения проверяется по количеству пятен в квадрате 25×25 или дюйм на дюйм (1"×1") (рис. 5.5): при черновом шабрении количество пятен должно быть 5…8, при получистовом – 10…15, при чистовом 20…25.

Шабрение плоскости выполняется в такой последовательности.

1) Головка рукоятки шабера шириной 20-30 мм должна упираться в ладонь правой руки, большой палец наложен вдоль оси рукоятки, остальные пальцы обхватывают рукоятку снизу. Ладонь левой руки накладывают на шабер посередине, обхватывая инструмент пальцами.

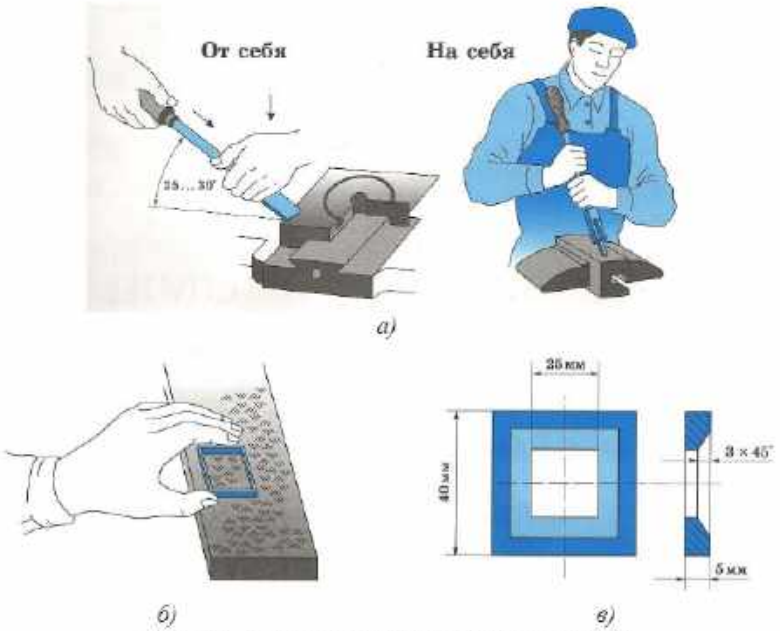


Рис. 5.5. Шабрение плоских поверхностей:
а – прием работы; б – проверка качества шабрения с помощью рамки;
в – контрольная рамка

2) В рабочем положении угол наклона шабера относительно обрабатываемой поверхности должен составлять 30-40° (рис. 5.8, а), а режущая кромка находиться на окрашенной плоскости.

3) Движениями шабера вперед и назад при длине рабочего хода 10-15 мм соскабливают окрашенные места. Движение вперед является рабочим ходом, при котором необходимо делать нажим левой рукой.

В конце рабочего хода нажим на шабер ослабляют, чтобы избежать появления заусенцев. Заусенцы мешают детали плотно прилегать к плоскости поверочной плиты, что затрудняет дальнейшую обработку из-за неправильного окрашивания. После каждого перенесения краски на призму рекомендуется изменять направление движения шабером, чтобы получаемые штрихи пересекались между собой, а продолговатые пятна удалялись в поперечном направлении. После соскабливания окрашенных мест поверхность призмы очищают щеткой и тщательно вытирают сухой чистой тряпкой.

4) Попеременное шабрение в разных направлениях чередуют с проверкой на контрольной плите до тех пор, пока вся обрабатываемая поверхность будет равномерно закрашиваться краской. Предварительное шабрение заканчивается при появлении четырехшести пятен на площади 25×25 мм при равномерном их распределении по всей плоскости.

Окончательное шабрение состоит в следующем:

а) с помощью кубика на поверочную плиту наносят тонкий слой краски;

б) шабрение выполняют узкими шаберами, при движении которых снимается слой металла только в местах, покрытых краской, так, чтобы штрихи пересекались между собой.

Шабрение части поверхности, расположенной по краям (у кромок), выполняется шаберами с прямолинейными режущими кромками с допустимым выходом их за пределы плоскостей на 1/4 ширины шабера.

Применять шаберы с криволинейной режущей кромкой не следует, так как они соскальзывают и «заваливают» углы. Для получения гладкой поверхности при шабрении деталей из стали и меди режущие кромки шабера смазывают густым мыльным раствором. Шабрение деталей из других металлов выполняют без смазочного материала (всухую).

Шабрение заканчивают при появлении 12-16 пятен на площади 25×25 мм (рис. 5.8, б) при равномерном их распределении по всей плоскости. Штрихи от шабрения должны располагаться в шахматном порядке. Проверка точности шабрения с помощью рамки производится на трех-четырех участках.

Задание 1. Изучить теоретические сведения о слесарной операции шабрение металлов по плоскости:

а) ознакомиться с назначением и классификацией режущего инструмента для выполнения шабрения металлов по плоскости;

б) ознакомиться с правилами и приемами выполнения шабрения металлов по плоскости.

Задание 2. Выполнить слесарную операцию шабрение заготовки на черно из чугуна по плоскости.

Контрольные вопросы

1. Что называется шабрением?
2. Перечислите инструменты, применяемые при шабрении.
3. Приведите классификацию шаберов.
4. Назовите материал, применяемый для изготовления шаберов.
5. Объясните, какое преимущество имеет операция шабрения перед шлифованием.
6. Какой шабер применяется при обработке плоской и выпуклой поверхностей?
7. Какие краски применяются для окрашивания поверхности, подвергаемой шабрению?
8. Как определить качество шабрения?
9. От чего зависит припуск при шабрении? Чему он равен?

Лабораторная работа №6
КОНСТРУКЦИЯ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА И МЕХАНИЗМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Цель работы: 1) ознакомиться с конструкцией токарно-винторезного станка 1615 и механизмами управления, а также инструментами и приспособлениями для проведения токарных работ; 2) изучить методику работы с механизмами управления токарно-винторезным станком; 3) получить практические умения и навыки по введению расчетных или справочных режимов резания в настройку токарно-винторезного станка на работу.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные сведения о конструкции токарно-винторезного станка. Управление токарно-винторезным станком

Станок предназначен для обработки различных металлов и неметаллических материалов. На станке выполняют все виды токарных работ: обтачивание наружных и растачивание внутренних цилиндрических и конических поверхностей, подрезание торцевых поверхностей, отрезание, сверление, зенкерование и развертывание отверстий, нарезание различных резьб и т. д. (рис. 6.1). Количество видов работ зависит от технических характеристик станка (табл. 4).

Механизмы управления токарно-винторезным станком

Для управления станком служат рукоятки, маховики и другие органы управления (рис. 6.1): *3* и *6* – рукоятки переключения скоростей; *4* – рукоятка переключения звена увеличенного шага; *5* – «грибок» управления для нарезания правых и левых резьб; *7* – маховичок ручного продольного перемещения суппорта; *8* – ползунок с пуговкой для включения и выключения реечной шестерни фартука; *9* – рукоятка ручного поперечного

перемещения суппорта; *11* – кнопочная станция; *12* – рукоятка ручного перемещения верхней части суппорта; *13* – кнопка включения быстрых перемещений суппорта; *14* – рукоятка включения, выключения, реверсирования продольной и поперечной подач суппорта; *18* и *22* – рукоятки включения, выключения и реверса шпинделя; *19* – рукоятка включения маточной гайки фартука; *24* и *25* – рукоятки управления коробкой подач.

Таблица 4

Техническая характеристика станка 1615

Показатель	Обозначение
Высота центров над станиной	15 см
Высота центров	155 мм
Расстояние между центрами	750 мм
Нарезание резьбы: шаг метрической резьбы Всего 30 резьб	от 0,5 до 12 мм
Число ниток на I" Всего 42 резьбы	от 60 до 1,75
Конус в шпинделе Морзе	№5
Диаметр отверстия в шпинделе	35 мм
Наибольшее поперечное смещение бабки	12 мм
Конус в пиноли задней бабки: Морзе	№3
Число оборотов шпинделя: прямое вращение (об/мин)	от 44 до 850
Количество продольных подач суппорта	9
диапазон	от 0,06 до 2,72 мм/об
Шаг ходового винта	6 мм
Электродвигатель трехфазного тока, мощность	2,2 кВт
Число оборотов	1440 об/мин
Диаметр шкива	122 мм
Габариты станка	1960 мм×880 мм×1235 мм
Масса станка	800 кг

Примечание. Расшифровка марки станка: 1 – станок токарной группы; 6 – тип станка токарно-винторезный; 15 – размерные шифры.

Основные узлы станка. На рисунке 6.1 показаны основные элементы станка: станина *21*, передняя бабка с коробкой скоростей *2*, задняя бабка *15*, коробка подач *23*, суппорт *10* с фартуком *20*, привод быстрых перемещений суппорта *17*, гитара со сменными колесами *7*, шкаф с электрооборудованием *16*. У многих моделей универсальных токарных станков отсутствуют привод быстрых перемещений суппорта и шкаф с электрооборудованием.

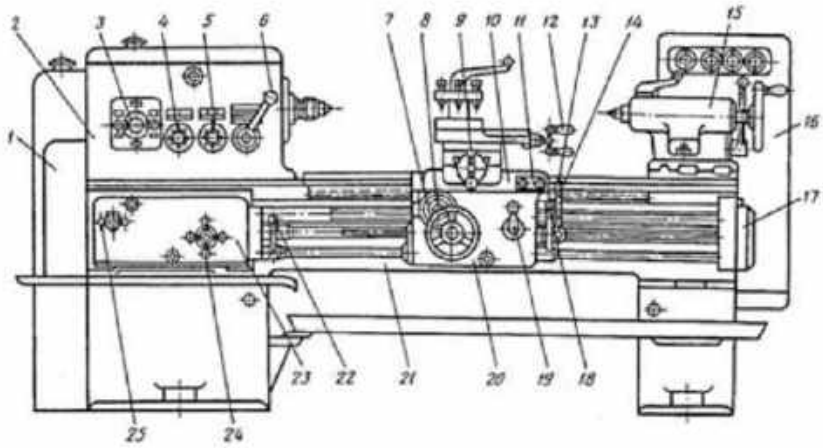
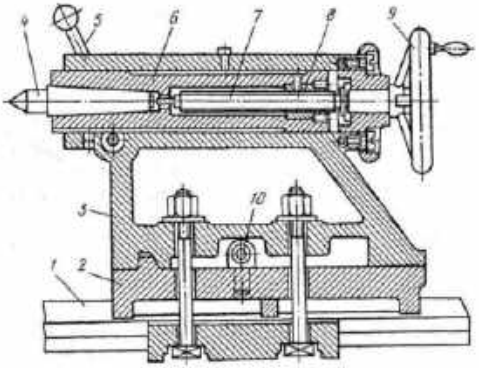


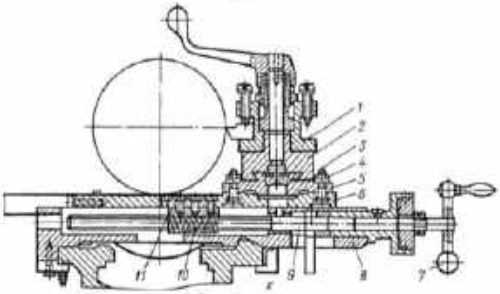
Рис. 6.1. Схема токарно-винторезного станка

Станина с двумя ножками (тумбами) служит для установки на ней всех остальных узлов станка. Ее изготовляют обычно из серого чугуна. На верхней части предусмотрены направляющие, по которым перемещаются каретка суппорта и задняя бабка. Направляющие для повышения износостойкости подвергают поверхностной закалке.

Передняя бабка представляет собой коробку скоростей, неподвижно закрепленную на станке и предназначенную для вращения обрабатываемой детали с разной скоростью. Важная часть передней бабки – *шпиндель*, представляющий собой стальной пустотелый вал, установленный в подшипниках. На наружном конце шпинделя имеются посадочные поверхности для установки *патрона* или *планшайбы*. Коническое отверстие в переднем конце шпинделя служит для установки хвостовика центра в случае обработки деталей в центрах. Сквозное отверстие в шпинделе используют для размещения длинных заготовок (прутков) и удаления из шпинделя центров. Задняя бабка служит для подержания правого конца длинных заготовок с помощью центра *4* (рис. 6.2, а), для крепления инструмента (сверла, зенкера, развертки) при обработке центровочных отверстий, а также используется при обточке конических поверхностей.



а



б

Рис. 6.2. Схема задней бабки (а) и суппорта (б) токарно-винторезного станка

Центры и инструменты устанавливают в пиноли *6*. Ее осевое перемещение выполняют маховиком *9* с помощью винта *7* и гайки *8*. Пиноль закрепляют в требуемом положении рукояткой *5*. Для точения конусов корпус *3* смещают винтом *10* по направляющим нижней плиты *2* в поперечном направлении. Заднюю бабку можно перемещать по направляющим станины *1* и закреплять в определенном месте болтами с гайками и планкой.

Коробка подач служит для получения различных подач. Она получает движение от шпинделя станка через механизм гитары со сменными зубчатыми колесами. От коробки подач движение передается ходовому валику или ходовому винту.

Суппорт предназначен для закрепления и перемещения режущего инструмента. Он состоит из четырех основных частей –

каретки (суппорта) *8* и салазок (рис. 6.2, б): нижних *6*, средних поворотных *5* и верхних *2*. Каретка *8* перемещается в продольном направлении по направляющим станины как механически (от ходового винта или ходового вала), так и вручную. Нижняя часть суппорта *6* движется по направляющим каретки в поперечном направлении также механически и вручную. Механический привод суппорта осуществляется от фартука через зубчатые колеса на поперечный винт каретки *9*, а ручное перемещение – посредством рукоятки *7*. Среднюю часть суппорта *5* можно поворачивать относительно нижней части в обе стороны на угол 45° и закреплять в требуемом положении двумя болтами *3* и гайкой *4*. Поворот суппорта используют при точении конусов. Верхняя часть *2* суппорта, несущая резцовую головку *1*, перемещается только вручную по направляющим средней части суппорта *5* от рукоятки с помощью винта и гайки. Благодаря независимому перемещению каждой из основных частей суппорта режущему инструменту можно сообщать продольное, поперечное и криволинейное движение, а также движение под углом (для точения на конус). Гайка ходового винта нижней части поперечного суппорта сделана разрезной и состоит из двух половинок *11* и *10*.

Фартук прикреплен к нижней части суппорта и служит для размещения механизмов преобразования вращательного движения ходового винта или ходового вала в поступательное движение подачи суппорта. Для управления станком служат рукоятки, маховики и другие органы управления (рис. 6.1): *3* и *6* – рукоятки переключения скоростей; *4* – рукоятка переключения звена увеличенного шага; *5* – «грибок» управления для нарезания правых и левых резьб; *7* – маховичок ручного продольного перемещения суппорта; *8* – ползунок с пуговкой для включения и выключения реечной шестерни фартука; *9* – рукоятка ручного поперечного перемещения суппорта; *11* – кнопочная станция; *12* – рукоятка ручного перемещения верхней части суппорта; *13* – кнопка включения быстрых перемещений суппорта; *14* – рукоятка включения, выключения, реверсирования продольной и поперечной подач суппорта; *18* и *22* – рукоятки включения, выключения и реверса шпинделя; *19* – рукоятка включения маточной гайки фартука; *24* и *25* – рукоятки управления коробкой подач.

Классификация токарных резцов по назначению

По назначению различают проходные, подрезные, отрезные, расточные, гантельные, фасонные и резьбовые резцы. На рисунке 6.3 показаны наиболее часто применяемые типы токарных резцов.

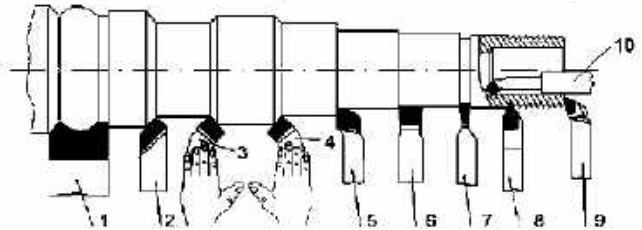


Рис. 6.3. Токарные резцы по виду обработки:
1 – фасонный; 2 – проходной прямой; 3 – проходной левый; 4 – проходной правый; 5, 9 – подрезные; 6 – гантельный; 7 – отрезные; 8 – резьбовой; 10 – расточной

Проходные резцы (рис. 6.3, 2, 3, 4) применяют для наружной обточки; они могут быть черновыми и чистовыми.

Подрезные резцы применяют в основном для подрезания торцов. Подрезной упорный резец (рис. 6.3, 6) имеет главный угол в плане $\varphi = 90°$; он работает с продольной подачей и одновременно подрезает торец. Подрезной резец (рис. 6.3, 9) предназначен для подрезания торцов и работает с поперечной подачей.

Отрезные резцы применяют для разрезания заготовок и прорезки канавок. Отрезной резец имеет одну главную и две вспомогательные режущие кромки. Для уменьшения трения вспомогательные задние поверхности закачивают под углами 1,5-2°.

Расточные резцы (рис. 6.3, 10) применяют для растачивания отверстий, предварительно просверленных или полученных в процессе штамповки или отливки. Расточные резцы используют для растачивания глухих отверстий, сквозных отверстий. Резцы для растачивания глухих отверстий имеют главный угол в плане $\varphi = 90°$, а для растачивания сквозных отверстий $\varphi = 45...60°$.

Правила закрепления токарных резцов в резцедержателе

Проверка положения вершины резца относительно линии центров станка производится по острому концу заднего центра (рис. 6.4) или по риске, нанесенной на пиноли задней бабки.

Общие правила установки резца в резцедержателе. Чтобы резец во время работы не вибрировал, вследствие чего возможно выкрашивание его режущей кромки, длина свешивающейся части резца, или, как говорят, вылета, должна быть возможно меньше. Вылет рабочей части резца должен составлять 1,5-2 высоты державки режущего инструмента. На рисунке 6.5, а показано правильное, а на рисунке 6.5, б – неправильное положение резца.

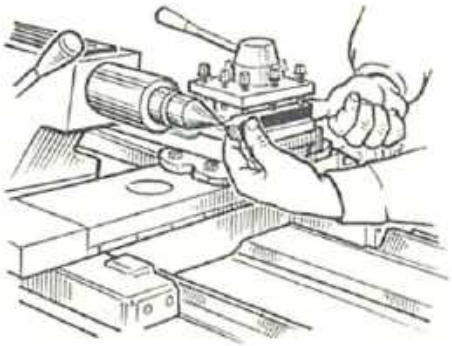


Рис. 6.4. Установка резца в резцедержателе по оси центров станка

С этой же целью подкладки под резец, применяемые при установке вершины резца относительно линии центров станка, следует располагать так, как показано на рисунках 6.4 и 6.5, в. Неправильное положение подкладок показано на рисунке 6.5, г. Лучше брать одну толстую подкладку, а не несколько тонких, так как они не всегда плотно прижимаются одна к другой (даже при затянутых болтах резцедержателя), что тоже может вызвать вибрацию резца.

Резец необходимо устанавливать так, как показано на рисунке 6.5, а , под прямым углом к детали.

Приспособления для закрепления деталей, обрабатываемых в центрах. Обыкновенный центр показан на рисунке 6.6. Часть *А* этого центра называется рабочей, а часть *В* – хвостом. Угол при вершине рабочей части центра должен быть равен 60°. Хвост центра должен быть точно пригнан по коническим гнездам в шпинделе передней и пиноли задней бабок станка.

Поверхности рабочей части и хвоста центра не должны иметь забоин, при наличии которых положение детали получается

неправильным. Диаметр цилиндрической части *C* хвоста должен быть меньше его меньшего диаметра. При этом условии некоторое увеличение диаметра части *C*, возможное при выколачивании центра из шпинделя, не отразится на точности его установки.

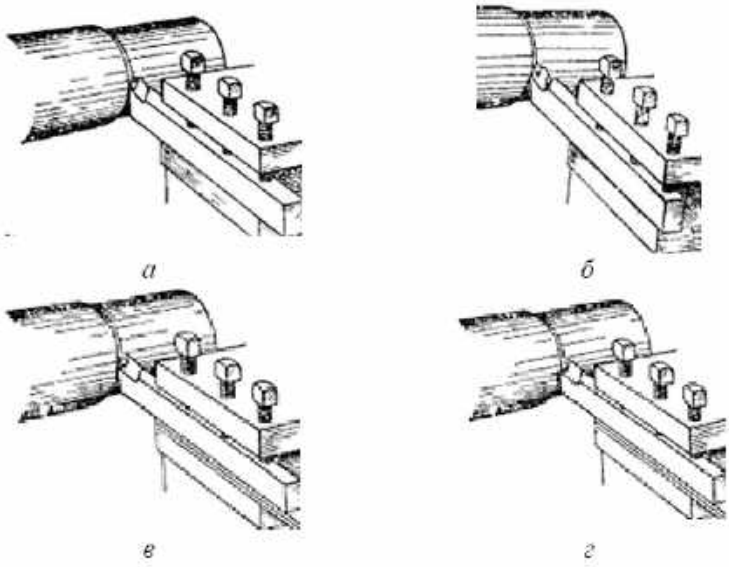


Рис. 6.5. Установка резца в резцедержателе правильная (а, в) и неправильная (б, г)

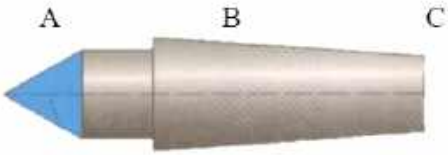


Рис. 6.6. Центр

Вращающиеся центры. Для предупреждения вредного влияния износа заднего центра, в особенности при скоростном точении, применяются вращающиеся центры различных конструкций.

Вращающийся центр завода «Калибр» показан на рисунке 6.7.

Собственно конус в этом случае вращается на роликовом и шариковом подшипниках, расположенных в корпусе. Осевые усилия, действующие на центр, воспринимаются упорным подшипником.

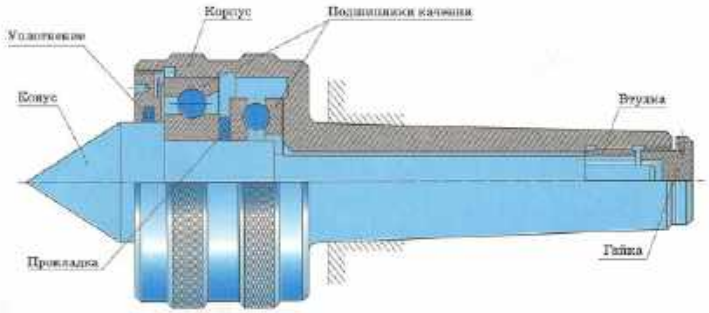


Рис. 6.7. Вращающийся центр

Самоцентрирующий трехкулачковый патрон. Одним из наиболее употребительных патронов является спиральный самоцентрирующий трехкулачковый патрон (рис. 6.8).

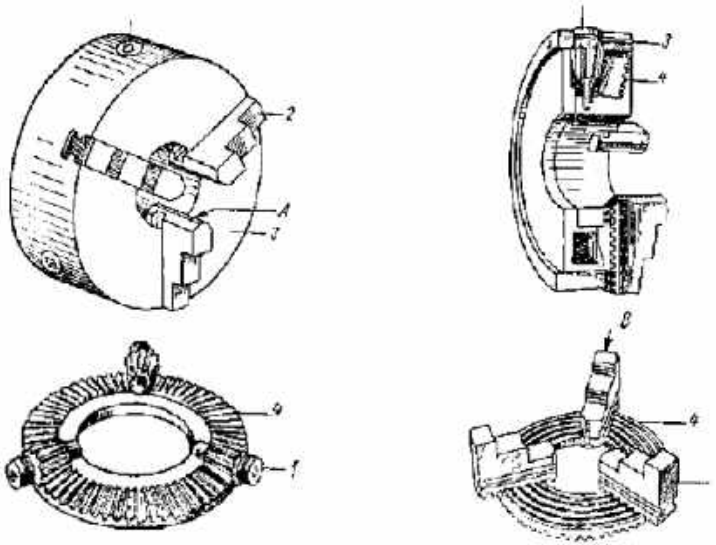


Рис. 6.8. Спиральный самоцентрирующийся трехкулачковый патрон и его детали

В корпусе *3* этого патрона заложена стальная коническая шестерня *4*, на обратной стороне которой имеется спиральная канавка. На кулачках *2* патрона сделано несколько выступов, которые входят в спиральную канавку шестерни *4*. При вращении одной из трех шестерен *1* посредством ключа (квадратный хвост которого входит в такое же отверстие в торце шестерни) вращается шестерня *4*. Под действием спирали, нарезанной на обратной стороне этой шестерни, кулачки будут перемещаться в пазах корпуса патрона, что и требуется для закрепления детали.

Безопасность работы на токарном станке

Безопасность работы на токарном станке обусловливается его устройством и различными мероприятиями. Однако травмы токарей и в настоящее время имеют место – обычно в легкой, а в отдельных случаях и в тяжелой форме. Причиной несчастных случаев, как правило, является неосторожность и пренебрежение токарей правилами безопасности при работе на токарном станке.

Чаще всего ранения происходят из-за отлетающей стружки. Известно, что при обработке мягких металлов – латуни, бронзы и т.д. – стружка, как говорят, «фонтанирует». Мелкие кусочки стружки отлетают на большое расстояние от места образования. Даже маленькая стружка может нанести тяжелое увечье, если она попадет в глаз. Еще большую опасность представляют стальные стружки, образующиеся при скоростном резании некоторых сталей. Самая простая защита от мелких отлетающих стружек – это очки (рис. 6.9, а), а еще лучше прозрачная предохранительная маска (рис. 6.9, б), закрывающая не только глаза, но и все лицо токаря.



а *б*

Рис. 6.9. Защитные очки а) и предохранительная маска б)

Более удобным и надежным средством защиты токаря от отлетающих стружек, даже крупных, является прозрачный экран, закрепленный на суппорте. Пример такого экрана показан на

рисунке 6.10 в двух положениях – рабочем (сплошные линии) и в откинутом (штрих-пунктирные линии). В последнем положении токарь имеет свободный доступ к обрабатываемой детали: для ее установки и снятия, измерения, для смены инструмента и т. д. Перевод экрана в рабочее положение и обратно производится быстро и удобно рукояткой *1*.

При обработке вязких сталей стружка образуется в виде длинных спиралей, перепутывающихся настолько, что удаление их становится затруднительным, а при работающем станке – очень опасным. Удалять со станка такие стружки руками нельзя и необходимо применять в этих случаях стальные крючки.

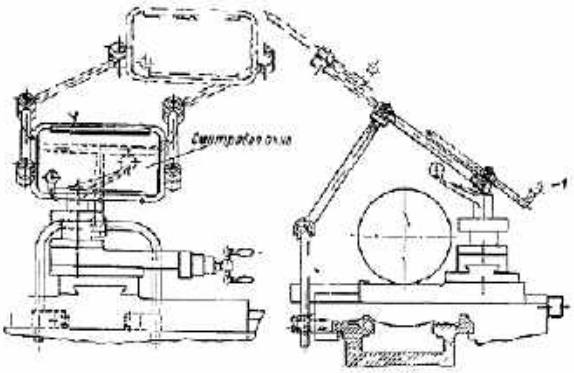


Рис. 6.10. Защитный откидной экран

Несчастные случаи происходят в результате неосторожного обращения с вращающимися частями станка, главным образом шестернями. У современных станков все шестерни закрываются кожухами, причем некоторые кожухи делаются съемными. Несчастные случаи, связанные с шестернями, почти всегда происходят по неосторожности или небрежности самого рабочего.

Нередко рабочий получает увечье непосредственно от обрабатываемой детали, особенно если она имеет выступающие части. И здесь единственная мера защиты – осторожность и плотно облегающая рабочая одежда. Рукава одежды должны плотно охватывать руку рабочего у кисти. Значительное количество несчастных случаев вызывается неосторожным обращением с обрабатываемой деталью при установке ее на станок и при снятии.

Задание 1. Изучить конструкцию токарно-винторезного станка 1615:

а) ознакомиться с классификацией токарного режущего инструмента, его маркировкой, назначением и конструкцией;

б) ознакомиться с токарными приспособлениями и их назначением.

Задание 2. Выполнить установки разных режимных параметров коробки передач и коробки подач согласно варианту задания (табл. 5). Установить режущий инструмент в головку резцедержателя согласно требованиям безопасной работы.

Таблица 5

Задание для практического выполнения по теме «Конструкция токарно-винторезного станка и механизмы управления»

№	Обороты шпинделя, n, мин$^{-1}$	Подача резца, S, об/мин	Токарные приспособления	Режущие инструменты
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	28, 280, 180, 1400, 224, 1800, 112, 140	0,75; 0,07; 1,75; 0,4; 0,2; 0,11; 2,5; 0,54; 1,25;	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, резьбовой
2	140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	1,25; 2,0; 0,32; 0,16; 0,05; 0,52; 0,26; 0,13; 0,5	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, расточной
3	112, 140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	07; 1,75; 0,4; 0,2; 0,11; 2,5; 0,54; 1,25	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, галтельный
4	11, 9, 28, 280, 180, 1400, 224, 1800, 112, 140, 1120, 71,	0,11; 2,5; 0,54; 1,25; 2,0; 0,32; 0,16; 0,05; 0,52	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, лекальный
5	140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	0,16; 0,05; 0,52; 0,26; 0,13; 0,5	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, резьбовой
6	112, 140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	0,07; 1,75; 0,4; 0,2; 0,11; 2,5; 0,54	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, расточной

Окончание табл. 5

1	2	3	4	5
7	11, 9, 28, 280, 180, 1400, 224, 1800, 112, 140, 1120, 71,	07; 1,75; 0,4; 0,2; 0,11; 2,5; 0,54; 1,25	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, галтельный
8	140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	0,11; 2,5; 0,54; 1,25; 2,0; 0,32; 0,16; 0,05; 0,52	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, лекальный
9	140, 1120, 71, 560, 90, 770, 45, 56, 450, 11, 9	0,16; 0,05; 0,52; 0,26; 0,13; 0,5	Трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр	Резцы: проходной, подрезной, отрезной, расточной

Контрольные вопросы

1. Перечислите корпусные детали токарно-винторезного станка 1615.
2. Из каких элементов состоит суппортная группа?
3. Опишите порядок установки частоты вращения шпинделя $n = 200$ мин$^{-1}$ в коробке передач станка.
4. Опишите порядок установки частоты вращения шпинделя $n = 6$ мин$^{-1}$ в коробке передач станка.
5. Опишите порядок установки подачи режущего инструмента $s = 0,1$ об/мин в коробке подач станка.
6. Почему предпочтительнее использовать для закрепления заготовки вращающийся центр?
7. Расскажите методику установки режущего инструмента в головке резцедержателя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
ЦИЛИНДРИЧЕСКОЕ ТОЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ, РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ

Цель работы: 1) ознакомиться с технологическим процессом цилиндрического точения двухступенчатого вала; 2) получить практические навыки работы на токарно-винторезном станке при обработке цилиндрических деталей.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные сведения о технологическом процессе цилиндрического точения двухступенчатого вала

Технологический процесс цилиндрического точения двухступенчатого вала (рис. 7.1) можно представить в виде первичной технологической документации (табл. 6). В первой колонке таблицы указывается номер технологического перехода токарной операции. *Технологической переход* – это законченная часть технологической операции, выполняемой одними и теми же средствами технологического оснащения при постоянных режимах при неизменной установке заготовки. Во второй колонке – содержание операции и переходов. *Технологическая операция* – законченная часть технологического процесса, выполненная на одном рабочем месте. В третьей колонке эскиз установки заготовки. *Установ* – часть технологической операции, выполняемой при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки. В четвертой, пятой и шестой колонке оборудование, инструмент, приспособление. *Технологическое оборудование* – средства технологического оснащения, в которых для выполнения определенной части производственного процесса размещается заготовка, средства воздействия на них, а также технологическая оснастка. *Приспособления* – технологическая оснастка, предназначенная для установки или направления

предмета труда или инструмента при выполнении технологической операции (патрон, люнет и т.д.). *Инструмент* – технологическая оснастка, предназначенная для воздействия на предмет труда с целью изменения его состояния. В седьмой колонке – записаны режимы резания, на которых выполняется технологический переход. К режимам резания относятся: скорость резания V_p (м/мин), глубина резания t (мм), подача s (мм/об), обороты шпиндельного вала n (мин$^{-1}$).

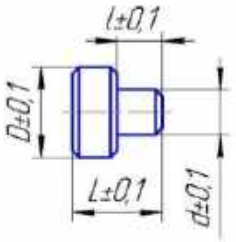
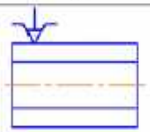
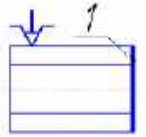


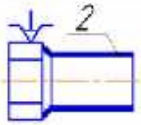
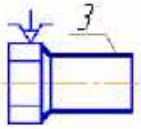
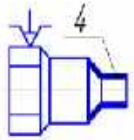
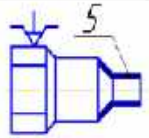
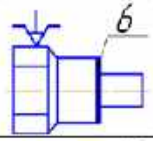
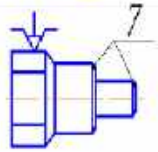
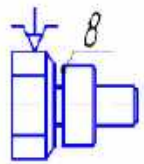
Рис. 7.1. Двухступенчатый вал

Таблица 6

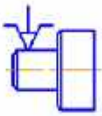
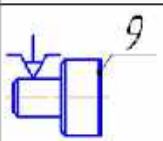
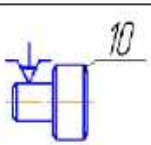
Технологический процесс точения двухступенчатого вала

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление	Режимы
			Станок токарно-винторезный 1616, Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Установить шестигранник в патроне		Ключ патрона	Размер заготовки D + 1,5, мм вылет L=l+15, мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной или подрезной	n=200-400 мин$^{-1}$

Продолжение табл. 6

1	2	3	4	5
3	Проточить поверхность 2 начерно на длине ℓ+10 мм до диаметра D+0,5 мм		Резец проходной	t = 1-1,5мм n = 300-400 мин$^{-1}$
4	Проточить поверхность 3 начисто на длине ℓ+10 мм до диаметра D мм		Резец проходной	t = 0,1-0,2 мм n = 300-400 мин$^{-1}$
5	Проточить поверхность 4 начерно на длине ℓ мм до диаметра d+0,5 мм		Резец проходной	t = 1-1,5 мм n = 300-400 мин$^{-1}$
6	Проточить поверхность 5 начисто на длине ℓ м до диаметра d мм		Резец проходной	t = 0,1-0,2 мм n = 300-400 мин$^{-1}$
7	Подрезать торец 6		Резец подрезной	n = 300-400 мин$^{-1}$
8	Снять фаски 7 (1… 3×45°)		Резец проходной	n = 300-350 мин$^{-1}$
9	Отрезать вал 8 на длине ℓ +0,5 мм		Резец отрезной	n = 200-300 мин$^{-1}$ h=1,5-2 длины режущей кромки резца

Окончание табл. 6

1	2	3	4	5
10	Вынуть заготовку, перевернуть, закрепить в патроне		Ключ патрона	При закреплении не повредить поверхность захвата
11	Подрезать торец 9 до размера *L*		Резец проходной или подрезной	n = 300-350 мин$^{-1}$
12	Снять фаски 10		Резец проходной	n = 300-350 мин$^{-1}$
13	Вынуть вал. Проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

Методика настройки лимбов поперечной и продольной подачи по нулевым точкам

Значительное уменьшение времени, затрачиваемого на измерение детали, достигается путем использования лимбов винтов суппорта (рис. 7.2).

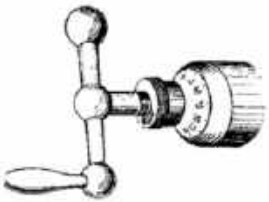


Рис. 7.2. Лимб верхних салазок суппортной группы

Перед началом проведения токарных работ необходимо выполнить действия по нахождению нулевых точек.

Нулевые точки – это нулевые значения, выставленные на кольцах лимба в положении режущего инструмента вершиной на поверхности обрабатываемой детали в направлении поперечной подачи.

Порядок нахождения нулевых точек следующий: установить заготовку в трехкулачковый патрон, придать ей вращение с оборотами 200-300 мин$^{-1}$, подвести маховиками лимбов продольной и поперечной подачи вершину проходного токарного резца к правому концу заготовки и коснуться ею поверхности до образования тонкой риски. Вращая маховик продольной подачи, вывести инструмент вправо за торец заготовки на 10-15 мм. Выключить вращение детали. На лимбе поперечной подачи расстопорить подвижное кольцо и вращением по часовой стрелке установить риской нулевого деления напротив риски на неподвижном кольце лимба, застопорить подвижное кольцо.

Одно деление лимба, показанного на рисунке 7.2, соответствует изменению диаметра обрабатываемой детали на 0,1 мм (величина деления лимба выбита на неподвижном кольце лимба).

Если, например, после прохода резца диаметр детали получился равным 40,6 мм, причем с неподвижной риской совпало 26-е деление рассматриваемого лимба, а перед следующим проходом резца рукоятка повернута так, чтобы с неподвижной риской совпало 27-е деление лимба, то диаметр детали получится равным 40,6 – 0,1 = 40,5 мм.

Существуют лимбы, обеспечивающие более точный отсчет перемещения резца, а, следовательно, и получение более точного диаметра обрабатываемой поверхности детали.

Методика определения условий закрепления заготовки

В процессе обработки система станок – приспособление – инструмент – деталь деформируется под действием сил резания (рис. 7.3), что неминуемо сказывается на точности обработки.

Точность размеров и взаимное положение обрабатываемых поверхностей заготовки зависит от погрешности ее установки на станке.

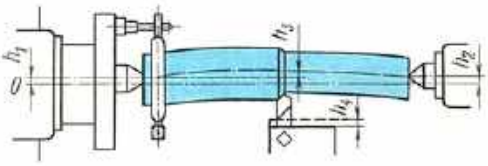


Рис. 7.3. Деформация системы станок – приспособление – инструмент – деталь под действием сил резания

При обработке «короткой» детали должно выполняться условие:

$$\frac{L}{D} \le 4, \tag{1}$$

где L – длина заготовки, мм;

D – диаметр заготовки, мм.

Выполнение этого условия необходимо для исключения прогиба заготовки и как следствие изменения ее размеров в процессе обработки относительно заданных лимбами продольной и поперечной подачи. Заготовка в данном случае закрепляется в трехкулачковом патроне, так как выполняются условия ее жесткости, исключающие прогиб.

При обработке детали «средних размеров» должно выполняться условие:

$$4 \ge \frac{L}{D} \le 8. \tag{2}$$

Заготовка в данном случае может быть закреплена в двух опорах и по двум возможным вариантам:

а) в трехкулачковом патроне и упорном вращающемся центре или жёстком центре;

б) в поводковом патроне и упорном вращающемся центре или жёстком центре.

При обработке «длинной» детали условие ее закрепления должно быть следующим:

$$\frac{L}{D} \le 8. \tag{3}$$

Заготовка в данном случае может быть закреплена в трех опорах и по двум возможным вариантам:

а) в трехкулачковом патроне и упорном вращающемся центре или жёстком центре и по центру устанавливают неподвижный люнет (рис. 7.4);

б) в поводковом патроне и упорном вращающемся центре или жёстком центре и подвижном люнете в зоне работы режущего инструмента (рис. 7.5).

Прогиб исключают третьей опорой, используя дополнительные цилиндрические поверхности детали, которыми она опирается на подвижные или неподвижные люнеты.

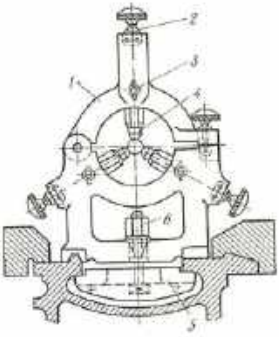


Рис. 7.4. Неподвижный люнет:
1 – верхняя часть; 2 – винт; 3 – болт; 4 – ролик; 5 – планка; 6 – гайка

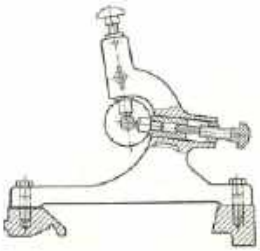


Рис. 7.5. Подвижный люнет

Порядок расчета режимов резания

Определение параметров режима резания обычно проводится в следующей последовательности.

Определяется припуск $П$ на обработку по формуле:

$$П = \frac{D - d}{2}, \text{мм}, \quad (4)$$

где D – диаметр заготовки до обработки, мм;

d – диаметр заготовки после обработки, мм.

Определяется глубина резания t. При черновом точении глубина резания t принимается равной припуску на обработку $П$. При чистовом точении глубина резания считается по формуле:

$$t = \frac{П}{i}, \text{мм}, \quad (5)$$

где i – число проходов резца.

Марка инструментального материала и геометрия режущей пластины выбираются из приложений П.1.1 и П.1.2 в зависимости от вида обработки и типа сплава.

Число проходов резца i для чистового точения определяется по таблице П.1.3 в зависимости от жесткости технологической системы и требуемых параметров шероховатости.

Определяется подача на оборот шпинделя станка S_0 в зависимости от глубины резания, диаметра обрабатываемой поверхности, размера державки и вида точения (табл. П.1.4, П.1.5). После определения S_0 выбирается подача, обеспечиваемая станком $S_{ст}$ (табл. П.1.6). При не совпадении S_0 и подачи, обеспечиваемой станком, за $S_{ст}$ принимается ближайшее меньшее значение из ряда фактических подач станка.

Определяется допустимая скорость резания $V_Д$, исходя из стойкости резца:

$$V_Д = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S_{ст}^{y_V}} K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV}, \text{ м/мин}, \quad (6)$$

где C_V – постоянная величина, характеризующая условия определения $V_Д$ (табл. П.1.7);

T – период стойкости резца, мин (табл. П.1.8);

m – показатель относительной стойкости резца (табл. П.1.8);

x_V, y_V – показатели степени, выбираемые в зависимости от материала заготовки и подачи (табл. П.1.7);

K_{MV} – коэффициент, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания (табл. П.1.9);

$K_{\Pi V}$ – коэффициент, учитывающий влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания (табл. П.1.10);

K_{IV} – коэффициент, учитывающий влияние инструментального материала на скорость резания (табл. П.1.11).

Определяется частота вращения n шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V_{\Delta}}{\pi \cdot D}, \text{ мин}^{-1}. \qquad (7)$$

Корректируется частота вращения шпинделя n путем выбора ближайшего меньшего значения из ряда частот вращения, обеспечиваемых станком n_{cm} (табл. П.1.6).

Определяется фактическая скорость резания V:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{cm}}{1000}, \text{ м/мин.} \qquad (8)$$

Определяется главная (тангенциальная) составляющая силы резания P_Z:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_P} \cdot S^{Y_P} \cdot V^{K_P} \cdot K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P}, \text{ Н}, \qquad (9)$$

где C_{P_Z} – постоянная величина (табл. П.1.12);

X_P, Y_P, K_P – показатели степени (табл. П.1.12);

K_{MP} – коэффициент, учитывающий материал заготовки (табл. П.1.13);

$K_{\varphi P}$ – коэффициент, учитывающий влияние главного угла в плане φ (табл. П.1.14);

$K_{\gamma P}$ – коэффициент, учитывающий влияние переднего угла γ (табл. П. 1.14);

$K_{\lambda P}$ – коэффициент, учитывающий влияние угла наклона главной режущей кромки λ (табл. П.1.14).

Определяется расчетная мощность резания N_P, необходимая для осуществления процесса резания при выбранных режимах:

$$N_P = P_z \frac{V}{60}, \text{ Вт.} \quad (10)$$

Осуществляется проверка по мощности резания. Определенный режим резания является допустимым, если расчетная мощность резания меньше мощности на шпинделе станка:

$$N_p \le N_{шп}, \quad (11)$$

где $N_{шп}$ – мощность на шпинделе станка, Вт;

$$N_{шп} = N_Д \cdot \eta, \quad (12)$$

$N_Д$ – мощность электродвигателя привода станка, кВт (табл. П. 1.14);

η – КПД привода станка (табл. П. 1.6).

Если расчетная мощность резания больше мощности станка, то процесс расчета параметров режима резания необходимо провести сначала, приняв меньшее значение глубины резания.

Рассчитывается основное технологическое время T_O:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{ст} \cdot S_{ст\,шп}}, \text{ мин}, \quad (13)$$

где L –путь, проходимый инструментом, мм;

i – число проходов;

$S_{ст\,шп}$ – число проходов.

Путь, проходимый инструментом, определяется следующим образом:

$$L = l + y + \Delta, \text{ мм}, \quad (14)$$

где l – длина обрабатываемой поверхности, мм,

Δ – перебег режущего инструмента, $\Delta = 3...5$ мм.

y – путь врезания, мм:

$$y = t \cdot ctg\varphi + 1, \text{ мм}. \quad (15)$$

Задание 1. Изучить технологический процесс цилиндрического точения двухступенчатого вала:

а) ознакомиться с методикой настройки лимбов поперечной и продольной подачи по нулевым точкам;

б) ознакомиться с методикой определения условий закрепления заготовки и произвести расчет количества точек закрепления согласно полученному заданию цилиндрического точения двухступенчатого вала (табл. 7);

в) ознакомиться с порядком расчета режимов резания. Произвести расчет режимов обработки ($П, t, V_д, V, P_z, N_р, T_о$) согласно выданному варианту задания цилиндрического точения двухступенчатого вала (пример расчета приведен в приложении 2).

Таблица 7

Варианты заданий цилиндрического точения двухступенчатого вала

№ варианта задания	Диаметр большей ступени вала D, мм	Диаметр меньшей ступени вала d, мм	Длина детали L, мм	Длина меньшей ступени вала l, мм
1	15	7	20	7
2	16	8	21	8
3	17	9	22	9
4	18	10	23	10
5	19	11	24	11
6	20	12	24	12
7	21	13	26	13
8	22	14	27	14
9	23	15	28	15

Примечание. Допуск каждого размера составляет ± 0,1 мм.

Задание 2. Выполнить точение двухступенчатого цилиндрического вала с использованием выбранного типа закрепления заготовки и расчетных или справочных режимов обработки заготовки.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение технологической операции, технологического перехода, установа, оборудования, инструмента.
2. Перечислите порядок технологических переходов в технологическом процессе точения двухступенчатого вала.
3. Какие режущие, измерительные инструменты и приспособления применяются в технологическом процессе точения двухступенчатого вала?
4. Как определить и каким способом можно закрепить заготовку диаметром d = 40 мм и длиной L = 80 мм?
5. Назовите приспособления для крепления заготовки диаметром d = 50 мм и длиной L = 540 мм.
6. Перечислите режимы токарной обработки и приведите уравнения для их расчета.

Лабораторная работа №8
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ БОЛТА С НАРЕЗАНИЕМ НАРУЖНОЙ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ ПЛАШКОЙ

Цель работы: 1) ознакомиться с технологическим процессом изготовления болта с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой; 2) получить практические умения работы на токарно-винторезном станке при изготовлении болта с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной, плашка для нарезания метрической резьбы с крупным шагом.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр, плашкодержатель.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные понятия о резьбе, ее назначение, классификация

Понятие о резьбе. Наиболее распространенными соединениями деталей машин являются резьбовые (рис. 8.1). Резьбовое соединение имеет ряд преимуществ: простота и надежность, удобство регулирования затяжки, возможность разборки и сборки (многоразовой) без повреждения деталей. *Резьбы*, предназначенные для соединения деталей между собой, называются крепежными.

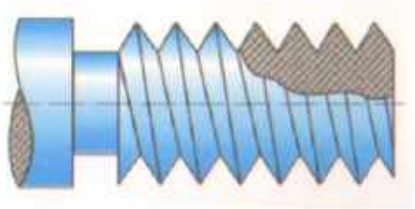


Рис. 8.1. Треугольная крепежная резьба

Основными элементами треугольной крепёжной резьбы являются: d – наружный диаметр; P – шаг резьбы; φ – угол профиля, h – высота профиля (рис. 8.2).

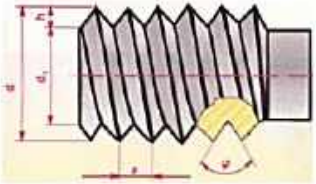


Рис. 8.2. Элементы резьбы:
d – наружный диаметр; P– шаг резьбы; φ – угол профиля;
h – высота профиля; d_1 – диаметр внутренний

Профилем резьбы называют очертания впадин и выступов (в продольном сечении) как показано на рисунке 8.2. В машиностроении положительно себя зарекомендовали крепежные резьбы, имеющие треугольный профиль.

Углом профиля резьбы φ называется угол, заключенный между боковыми сторонами профиля резьбы, измеряемый в плоскости, проходящей через ось болта.

Шагом резьбы P называется расстояние (мм) между вершинами двух соседних витков, измеряемое параллельно оси. У треугольной резьбы шагом является расстояние между вершинами двух витков.

Витком (ниткой) называется часть резьбы, образуемая при одном полном обороте профиля.

По числу ниток определяют – однозаходная резьба или многозаходная (рис. 8.3).



а *б*

Рис. 8.3. Заход резьбы на торце болта:
а – однозаходная резьба; б – 4-заходная резьба

У однозаходной (одноходовой) резьбы на торце винта или гайки виден только один конец витка (рис. 8.3, а), а у многозаходной (многоходовой – рис. 8.3, б) – 2, 3 и более витков.

Однозаходные резьбы имеют малый угол подъема винтовой линии и большое трение (малый КПД). Они применяются там, где требуется надежное соединение для крепежных резьб.

У многозаходных резьб угол подъема винтовой линии значительно больше. Резьбы применяются в тех случаях, когда необходимо быстрое перемещение по резьбе при наименьшем трении, при этом за 1 оборот винта гайка перемещается на величину хода винта (рис. 8.4):

$$P = S \cdot K, \text{ мм}, \qquad (1)$$

где P – ход винта, мм;

S – шаг резьбы, мм;

K – количество заходов, шт.

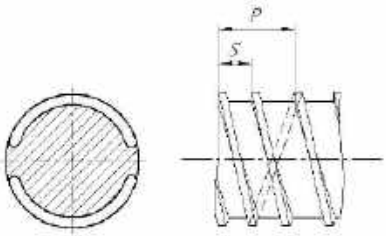


Рис. 8.4. Двухзаходная прямоугольная резьба с двумя заходами (K = 2)

Как правило, многозаходные резьбы имеют треугольный профиль и применяются для передачи движения.

Крепежные резьбы

Метрическая крепежная резьба. В машиностроении в основном нашли широкое применение три типа резьб: метрическая (с крупным шагом, мелкая), дюймовая и трубная.

Метрическая резьба (ГОСТ 9150–59 Резьба метрическая для диаметров от 1 до 600 мм.) имеет треугольный профиль и характеризуется следующими элементами: $\varphi = 60°$, диаметр и шаг резьбы выражаются в метрической системе мер – в миллиметрах. Все

метрические резьбы с мелким шагом (диаметры 1-600 мм). Шаг резьбы 0,25-6 мм. Резьба с крупным шагом применяется, когда на нитки резьбы действуют большие нагрузки.

При небольших нагрузках применяются резьбы с мелким шагом. Эти резьбы имеют меньшую высоту витков, следовательно, их легче нарезать и они меньше ослабляют сечение болта.

Метрические резьбы с крупным шагом обозначаются так: М64×кл. 1, М64×кл. 3, где М указывает, что резьба метрическая, цифра 64 – диаметр резьбы номинальный, кл. 3 – 3 *класс точности*. Для резьбы с мелким шагом после указания диаметра ставится знак умножения (×), затем цифра, обозначающая шаг резьбы и класс точности, например М64×кл. 2.

Дюймовая резьба. Для ремонта машин, оборудования ранних годов выпуска или машин, поступающих из стран, где принята дюймовая система мер (Англии, США и др.), изготавливают изделия с дюймовой резьбой. Дюймовая резьба имеет треугольный профиль с углом $\varphi = 55^{\circ}$, наружный диаметр измеряют в дюймах, а шаг – числом витков (ниток), приходящихся на 1 дюйм. Один дюйм обозначают 1", он равен приблизительно 25,4 мм. ГОСТ предусматривает резьбы диаметром от 3/16" до 4" и числом ниток 3-24 на 1". Например, дюймовая резьба диаметром полтора дюйма обозначается так: 1½" (6 ниток на 1").

Трубная резьба. Трубная резьба (ГОСТ 6357-52) измеряется в дюймах и характеризуется числом ниток резьбы, приходящихся на 1". Угол профиля $\varphi = 55^{\circ}$. Вершина резьбы у витка и гайки с трубной резьбой выполняется с плоскими или закругленными срезами. Плоскорезный профиль более прост в изготовлении и применяется для резьб обычных трубных соединений. Обозначение труба 2" кл. 2, указывает, что данная резьба выполнена на трубе, внутренний диаметр которой равен 2" второго класса точности. Трубная резьба применяется для соединения труб, работающих под давлением, и обеспечивает достаточную герметичность соединений.

Трубная резьба по ГОСТ 6357-52 выполняется диаметрами от ⅛ до 6" и числом ниток на 1" от 28 до 11.

Технологический процесс изготовления болта на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой

Резьбы на деталях получают нарезанием на сверлильных резьбонарезных и токарных станках, а также и накатыванием – методом пластического деформирования.

Внутреннюю резьбу нарезают *метчиками, наружную – плашками, прогонками* и другими инструментами.

В зависимости от конструкции плашки подразделяют на *круглые, накатные, раздвижные (призматические).*

Цельные плашки (рис. 8.5) представляют собой стальную закаленную гайку *1*, в которой через резьбу *2* прорезаны сквозные продольные отверстия, образующие режущие кромки и служащие для выхода стружки. С обеих сторон плашки имеются заборные части *3*, предназначенные для среза основной массы металла и центрации стержня по оси вращения плашки.

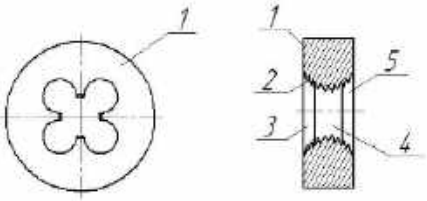


Рис. 8.5. Цельная круговая плашка:
1 – стальная закаленная гайка; 2 – сквозные продольные отверстия; 3, 5 – заборные части; 4 – калибрующая часть

В центре *4* расположена калибрующая часть, которая дорезает остатки металла и, обжимая профиль, формирует вершины витков, тем самым калибруя диаметр и упрочняя поверхностный слой на глубину от сотых долей до нескольких миллиметров.

Диаметры цельных круглых плашек предусмотрены стандартом для основной метрической резьбы от 1 до 76 мм, для дюймовой от ¼ до 2", для трубной от ⅛ до 1½".

Приспособлением, в котором крепится плашка, является *плашкодержатель* (рис. 8.6).

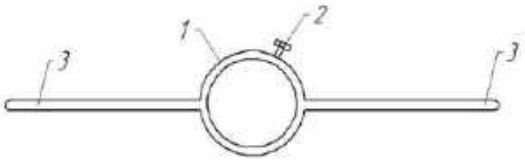


Рис. 8.6. Плашкодержатель:
1 – захватное кольцо; 2 – фиксатор; 3 – рукоятка

Плашкодержатель состоит из захватного кольца-корпуса *1*, фиксатора *2* и рукоятей *3*.

При выборе диаметра стержня под резьбу следует воспользоваться формулой расчета d_{cm}.

Диаметр стержня под нарезание наружной резьбы должен быть несколько меньше диаметра нарезаемой резьбы. Если диаметр стержня будет значительно меньше, то профиль резьбы получится неполным. Если диаметр стержня равен или больше диаметра резьбы, то плашка не справится с объемом материала и либо выйдет из строя (сломается), либо сомнет (срежет) нарезаемую резьбу:

$$d_{cm} = d_H - 0{,}1 \cdot S, \text{ мм}, \qquad (2)$$

где d_H – номинальный диаметр;

d_{cm} – диаметр стержня.

Технологический процесс изготовления болта (рис. 8.7) на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой можно представить в виде карты (табл. 8).

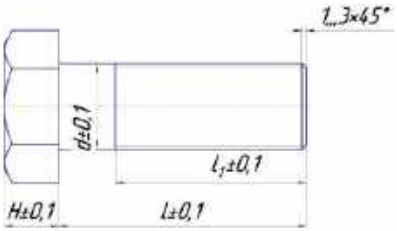
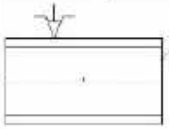
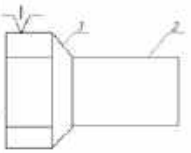
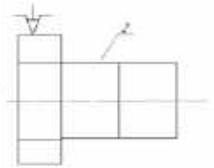
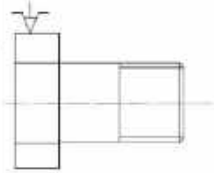
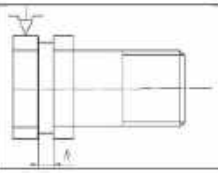


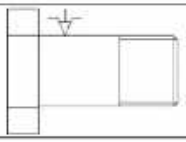
Рис. 8.7. Болт

Таблица 8

Технологический процесс изготовления болта на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление. Станок токарно-винторезный 1616, штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Технологические указания режимов
1	2	3	4	5
1	Установить заготовку в станок		Ключ патрона	Размер заготовки d+7 мм вылет ℓ+H+2d мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной	n=200-400 мин$^{-1}$
3	Проточить поверхность 2 на длине ℓ до диаметра d+0,5		Резец проходной	t=1-1,5 мм n=300-400 мин$^{-1}$
4	Подрезать торец 3		Резец подрезной	n=300-400 мин$^{-1}$
5	Проточить поверхность 2 на длине ℓ до диаметра d		Резец подрезной	t=0,1-0,2 мм S =min n= 350-400 мин$^{-1}$
6	Проточить поверхность на длине l_1 до диаметра d		Резец проходной	t=0,05-0,1мм S=min n=350-400 мин$^{-1}$ $d_{ст}$=d-0,1S
7	Снять фаску (1…3×45°)		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
8	Нарезать резьбу диаметром d на длине ℓ_1		Плашка с держателем	n=min Поверхность смазывать, движение возвратно-поступательное
9	Отрезать болт на длине ℓ+H+0,5		Резец отрезной	n=200-300 мин$^{-1}$ h=1,5-2 длины режущей кромки резца

Окончание табл. 8

1	2	3	4	5
10	Вынуть заготовку, перевернуть, закрепить в патроне		Ключ патрона	При закреплении не повредить резьбу
11	Подрезать торец до размера H		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
12	Снять фаску		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
13	Вынуть болт, проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

Задание 1. Ознакомиться с элементами крепежной резьбы и ее назначением:

а) ознакомиться с метрической, дюймовой, трубной крепежными резьбами и их особенностями;

б) ознакомиться с режущим инструментом для нарезания крепёжных резьб, приспособлениями и порядком их применения.

Задание 2. Изучить технологический процесс изготовления болта на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой.

Задание 3. Изготовить болт на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой согласно полученному варианту задания (табл. 9).

Таблица 9

Варианты заданий технологического процесса изготовления болта на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой

Размер детали	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	6	8	10	12	14	16	18	20	22
ℓ	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ℓ_1	20	25	25	30	30	35	35	40	40
H	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,8

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы крепежной резьбы.
2. Дайте характеристики крепежной метрической резьбе с крупным и мелким шагом.
3. Дайте характеристики крепежной дюймовой резьбы.
4. Дайте характеристики крепежной трубной резьбы.
5. Назовите порядок переходов и установов при выполнении технологической операции точения болта с метрической резьбой.
6. Объясните конструкцию и порядок работы режущего инструмента и приспособлений для нарезания крепежных резьб.
7. Какие режущие инструменты и приспособления применяются при изготовлении болта с метрической резьбой на токарно-винторезном станке?

Лабораторная работа №9
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГАЙКИ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ С НАРЕЗАНИЕМ ВНУТРЕННЕЙ МЕТРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБЫ МЕТЧИКОМ

Цель работы: 1) ознакомиться с технологическим процессом изготовления гайки с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком; 2) получить практические умения работы на токарно-винторезном станке при изготовлении гайки с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной, набор метчиков для нарезания метрической резьбы.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр, вороток.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные сведения о технологическом процессе изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком

Инструменты для нарезания внутренней метрической резьбы

Внутреннюю резьбу на гайках нарезают метчиками. *Метчики* по назначению делятся на *ручные, машинно-ручные и машинные*. В зависимости от профиля нарезаемой резьбы – на 3 типа: для метрической, дюймовой и трубной резьб; по конструкции – на цельные, сборные (регулировочные и самовыключающиеся) и специальные.

Метчик (рис. 9.1) состоит из двух основных частей: рабочей и хвостовой.

Рабочая часть представляет собой винт с несколькими продольными прямыми или винтовыми канавками. В метчиках для вязких металлов на заборной части имеется скос 6-10° в направлении, обратном направлению резьбы: при правой резьбе скос левый, при левой – скос правый. Рабочая часть метчика служит для

нарезания резьбы. Метчики с *винтовыми канавками* предназначены для нарезания точных резьб.

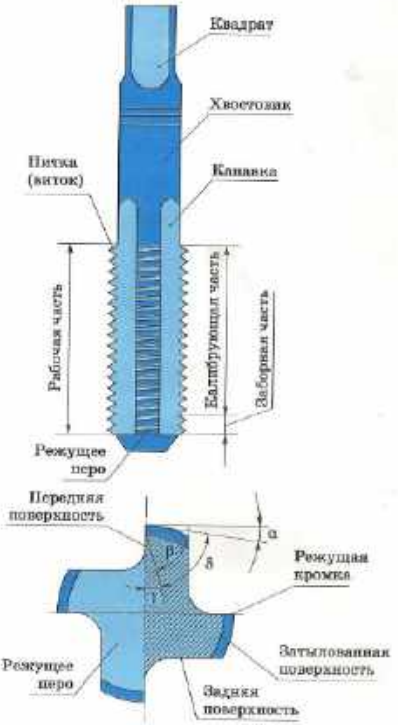


Рис. 9.1. Метчик

Рабочая часть метчика состоит из заборной и калибрующей частей.

Заборная (или режущая) часть обычно делается в виде конуса, она производит основную работу при нарезании резьбы (удаляет большую массу металла).

Калибрующая часть – резьбовая часть метчика – смежная с заборной частью. Она центрирует метчик в отверстии, дорезает остатки металла, оставленные заборной частью, и калибрует нарезаемое отверстие. Профиль резьбы упрочняется калибрующей частью за счет пластического деформирования поверхностного слоя.

Хвостовик – стержень, который служит для закрепления метчика в патроне или удержания его в воротке во время работы (рис. 9.2).

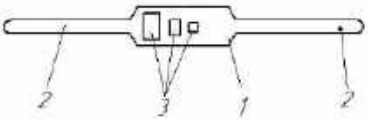


Рис. 9.2. Вороток:
1 – корпус; 2 – рукоятка; 3 – отверстие под квадраты метчиков разных размеров

Канавки представляют собой углубление между режущими зубьями (перьями), получающимися путем удаления части металла. Эти канавки служат для образования режущих кромок и вывода стружки при нарезании резьбы. Профиль канавки образуется передней поверхностью, по которой сходит стружка, и задней поверхностью (рис. 9.1), служащей для уменьшения трения перьев метчика о стенки нарезаемого отверстия.

Канавки чаще делают прямыми (удобно нарезаются), но для улучшения условий резания, получения точных резьб нарезают винтовые канавки.

Ручные метчики для метрической и дюймовой резьб стандартизированы и изготавливаются в комплекте из 2 штук для резьбы с шагом до 3 мм включительно (для основной метрической резьбы диаметром от 1 до 52 мм и для дюймовой резьбы диаметром от ¼ до 1") и комплектом из 3-х штук метчиков для резьбы с шагом свыше
3 мм (для метрической резьбы от 30 до 52 мм и для дюймовой диаметром от 1⅛ до 2").

В комплект, состоящий из 3 метчиков, входят черновой, средний и чистовой метчики (I, II, III). Отличаются они разной длиной заборной (конической) части и имеют разный диаметр.

Первый (черновой I) метчик нарезает черновую резьбу, снимая при этом до 60% металла, второй (средний II) делает уже более точную резьбу, снимая до 30% металла, третий (чистовой III) метчик снимает до 10% металла, имеет полный профиль резьбы и используется для окончательного, точного нарезания резьбы и ее калибровки. Черновой метчик возле квадрата имеет 1 риску, средний – 2, чистовой – 3.

Определение диаметра сверла (отверстия)

При нарезании резьбы материал срезается и частично выдавливается, поэтому диаметр сверла должен быть несколько больше, чем внутренний диаметр резьбы. Диаметр сверла рассчитывается по формуле:

$$D_{св} = d_{н.резьб} - S, \text{ мм}, \quad (1)$$

где $D_{св}$ – диаметр сверла отверстия, мм;

$d_{н.резьб}$ – диаметр нарезаемой резьбы, мм;

S – шаг резьбы, мм.

В тех случаях, когда имеется справочник, используют табличные значения диаметра сверла под требуемую резьбу.

Практика нарезания внутренней резьбы на токарно-винтовом станке

На токарно-винтовом станке резьбу нарезают вручную за 1 проход режущего инструмента. Специальную настройку станка на нарезание резьбы не производят. Приемы работы просты и не требуют высокой квалификации.

Перед началом проведения токарных работ по изготовлению гайки необходимо провести расчет размерных параметров шестигранника (заготовки).

Рассчитывают размер шестигранника B (мм) по формуле:

$$B = d_{н.резьб} + 7, \text{ мм}, \quad (2)$$

где B – размер шестигранника по вписанной окружности, мм;

$d_{н.резьб}$ – диаметр нарезаемой резьбы, мм.

Высоту гайки B (мм) рассчитывают по формуле:

$$H = 0{,}7 d_{н.резьб}, \text{ мм}, \quad (3)$$

где H – высота гайки, мм.

По диаметру нарезаемой резьбы растачивается или подбирается диаметр сверла. В заготовке сверлится отверстие. Спиральное сверло через переходник крепится в пиноль задней бабки, и

получает перемещение от маховика привода задней бабки. Скорость вращения 15-20 м/мин, $n_{шп}$ = 6-9 об/мин.

При нарезании резьбы метчика используют слесарный воротоk с квадратными отверстиями для хвостовика метчика. Заготовке придают вращение $n_{шп}$ = 6-9 об/мин. Метчик смачивают маслом, вставляют заборной частью в отверстие и прижимают правой рукой. Одна рукоять воротника при работе должна упираться в суппорт станка. Метчик, заняв устойчивое положение, начнет самозатягиваться. В целях облегчения работы периодически необходимо вращать на ⅓ оборота в обратную сторону вращения заготовки. Благодаря такому возвратно-вращательному движению метчика стружка ломается, получается короткой (дробленой), а процесс резания значительно облегчается. Закончив нарезание, детали придают обратное вращение для вывинчивания режущего инструмента.

Технологический процессе изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком

Технологический процесс изготовления *гайки* (рис. 9.3) на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком можно представить в виде карты (табл. 10).

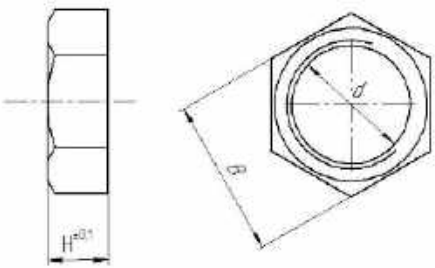
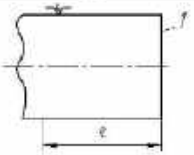
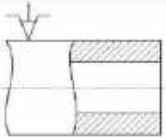
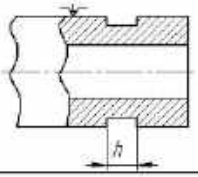
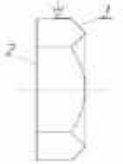


Рис. 9.3. Гайка

Таблица 10

Технологический процесс изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление. Станок токарный-винторезный 1616 Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Технологические указания режимов
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Установить шестигранник в патроне		Ключ патрона	Размер заготовки d+7 мм вылет ℓ=H+15 мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной	
3	Установить сверло в заднюю бабку		Переходные втулки	$d_{св} = d - S$
4	Сверлить отверстие на глубину H+4 мм		Сверло	n=100-200 об/мин$^{-1}$
5	Отрезать заготовку на длине H+0,5 мм		Резец подрезной	n=200-300 об/мин$^{-1}$ h=1,5+2 длины режущей кромки резца
6	Вынуть шестигранник из патрона		Ключ патрона	
7	Установить заготовку в патрон		Ключ патрона	При закреплении не перекашивать
8	Подрезать торец 2 до размера $H^{\pm 0.1}$		Резец проходной	n=200-400 об/мин$^{-1}$
9	Снять фаску 3		Резец проходной	n=200-400 об/мин$^{-1}$

Окончание табл. 10

1	2	3	4	5
10	Нарезать резьбу		Метчик. Вороток метчика	n=min n=6-9 мин$^{-1}$ Режущую часть метчика смазать индустриальным маслом. Размеры в пределах допусков
11	Вынуть гайку, провернуть размер по чертежу		Ключ патрона	

Задание 1. Ознакомиться с режущим инструментом и приспособлениями для нарезания внутренней крепёжной резьбы.

Задание 2. Изучить технологический процесс изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком.

Задание 3. Изготовить гайку на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком согласно полученному варианту задания (табл. 11).

Таблица 11

Задание по теме «Технологический процесс изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком»

№ варианта задания	Диаметр резьбы номинальный, $d_{н.резьб}$, мм	Диаметр сверла отверстия, $D_{св}$, мм	Высота гайки, H, мм	Размер шестигранника, B, мм
1	6	*	*	*
2	8	*	*	*
3	10	*	*	*
4	12	*	*	*
5	6	*	*	*
6	8	*	*	*
7	10	*	*	*
8	12	*	*	*
9	6	*	*	*

Примечание. * – значение необходимо рассчитать по формулам 1, 2 и 3 или выбрать по справочникам (прил. 3).

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы конструкции метчика.
2. Приведите классификацию метчиков по назначению.
3. Объясните конструкцию приспособлений для нарезания внутренней метрической резьбы и их назначение.
4. Назовите порядок переходов при выполнении технологической операции точения гайки с метрической резьбой.
5. Назовите режимы работы токарно-винторезного станка, устанавливаемые непосредственно при резьбонарезании.
6. Рассчитайте диаметр сверла под нарезание внутренней метрической резьбы М10.
7. Назовите порядок установов при выполнении технологической операции точения гайки с метрической резьбой.

Лабораторная работа №10
КИНЕМАТИЧЕСКИЕ РЕЗЬБЫ. НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Цель работы: 1) ознакомиться с технологическим процессом нарезания наружной кинематической резьбы на токарно-винторезном станке резцом. 2) получить практические умения работы на токарно-винторезном станке при нарезании наружной кинематической резьбы резцом.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной, резец резбонарезной.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные сведения о технологическом процессе нарезание резьбы на токарно-винторезном станке резцом

Кинематические резьбы

Некоторые треугольные и все кинематические резьбы нарезаются резцами на токарно-универсальных станках, имеющими ходовой винт с разъемной гайкой: гитару съемных колес, коробку подач и реверсивный механизм. На станке можно нарезать резьбы: наружные и внутренние, правые и левые, однозаходные и многозаходные, а также червяки.

Подготовка изделия к нарезанию на нем резьбы заключается в чистовой обточке или расточки того диаметра, на котором будет нарезаться резьба. Диаметр этого участка для треугольной наружной резьбы должен быть меньше ее наружного диаметра d_0, а для внутренней – больше внутреннего диаметра d_1 на 0,005-0,015 от соответственно d_0 и d_1, причем «уменьшать» d_0 и «увеличивать» d_1 необходимо для резьб малых диаметров на 0,015 от их размера, а для резьб увеличенного диаметра на – 0,01 и даже на 0,005. Это объясняется наличием упругих деформаций, возникающих в материале.

Диаметры вала и отверстия при подготовке поверхности под нарезание резьбы можно определить по справочникам.

В конце резьбового участка протачивают канавку (проточку) для выхода резца. Ширина канавки должна быть не менее шага резьбы (при скоростном нарезании резьбы твердосплавными резцами 2…3 шага). Глубина канавки должна быть больше глубины резьбы на 0,1-0,2 мм.

Прямоугольная ленточная резьба

Прямоугольная резьба имеет прямоугольный профиль (квадратный) (рис. 10.1).

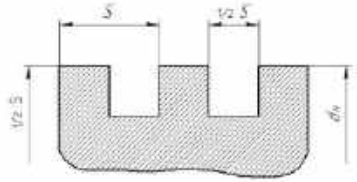


Рис. 10.1. Прямоугольная резьба

Диаметр номинальный и шаг резьбы измеряются в метрической системе мер (мм). Сторона квадрата профиля равна половине шага резьбы. Прямоугольная резьба не стандартизирована, сложна в изготовлении, имеет малую прочность в опасном сечении (основании ниток).

Трапецеидальная резьба

Резьба имеет сечение в форме равнобокой трапеции с углом профиля 30° (рис. 10.2).

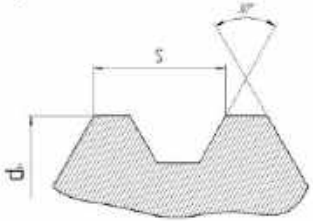


Рис. 10.2. Трапецеидальная резьба

У нее малый коэффициент трения, применяется эта резьба для передачи движения или больших усилий: в металлорежущих станках (ходовые винты), домкратах, прессах и т.п. Витки этой резьбы имеют наибольшее сечение у основания, что обеспечивает высокую прочность и удобство при нарезании. Основные элементы резьбы стандартизированы.

Упорная резьба

Имеет профиль в виде неравнобокой трапеции с рабочим углом при вершине 33^0 (рис. 10.3).

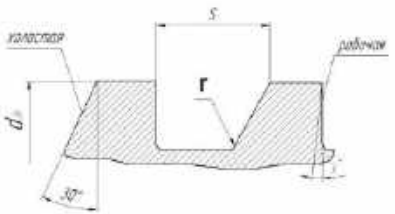


Рис. 10.3. Упорная резьба

Основания витков закруглены, что обеспечивает в опасном сечении прочный профиль. Поэтому данная резьба применяется в тех случаях, когда винт должен передавать большое односторонее усилие (в винтовых прессах, домкратах и т.п.).

По ГОСТу (10177-82 резьба упорная) все упорные резьбы делятся на упорную крупную резьбу диаметрами 22-400 мм и шагами 8-48 мм, упорную нормальную – диаметрами 22-300 мм и шагами 5-24 мм и упорную мелкую резьбу – диаметрами 10-650 мм и шагами 2-24 мм.

Модульная резьба (червяк). Модульный шаг подсчитывается по формуле:

$$S = m \cdot \pi, \text{мм}, \qquad (21)$$

где S – шаг червяка, мм;

m – модуль – единица измерения шага зубьев червяков и других шестерен в метрической системе мер длины, мм;

π – постоянное число, равное 3,14.

На чертеже червяка обычно указывают не шаг, а модуль; допустим, указано, что модуль m = 3 мм, тогда шаг червяка:

$$S = m \cdot \pi = 3 \cdot 3{,}14 = 9{,}42 \text{ мм}.$$

Питчевая резьба. Питчевый шаг подсчитывают по следующей формуле:

$$S_p = \frac{1'' \cdot \pi}{P}, \text{ мм} \qquad (22)$$

где S – шаг червяка, мм;

1"– 1 дюйм, равный 25,4 мм;

π – постоянное число, равное 3,14.

P – питч (диаметральный) – единица измерения шага зубьев червяков и червячных шестерен при дюймовой системе мер измерения, равен отношению числа зубьев червячной шестерни Z к диаметру его начальной окружности d_K,

$$P = \frac{Z}{d_K}. \qquad (23)$$

Допустим, на чертеже червяка указано, что его питч P = 4, тогда шаг этого червяка:

$$s = \frac{1^{'} \cdot \pi}{P} = \frac{1 \cdot 3{,}14}{4} \cdot 25{,}4 = \frac{79{,}7}{4} = 19{,}9 \text{ мм}.$$

Способы нарезания кинематической резьбы резцом на токарно-винторезном станке

Резьбу нарезают за несколько рабочих ходов, после каждого рабочего хода резец выводят из канавки, суппорт возвращают в исходное положение и вновь начинают рабочий ход. Число рабочих ходов и глубина врезания для каждого рабочего прохода зависят от шага нарезаемой резьбы и материала резьбового резца. Число рабочих ходов примерно равно 6-8, где черновых 4-6, чистовых 1-2. Глубина резания порядка 0,1-0,2 мм.

Если шаг ходового винта делится без остатка на шаг нарезаемой резьбы (резьба «четная»), то резец будет попадать во впадины резьбы при включении разъемной гайки в любом положении суппорта (при возвращении в исходное положение). Если резьба «нечетная», т.е. шаг ходового винта не делится на шаг резьбы без остатка, то суппорт возвращают в исходное положение при

ускоренном обратном вращении шпинделя без размыкания разъемной гайки. Для устранения зазора, образовавшегося между разъемной гайкой и винтом после каждого возврата суппорта, резец перемещают вправо за пределы резьбы на 2-3 шага.

Нарезание треугольной резьбы резцом поперечным врезанием. Поперечное врезание – треугольную резьбу с шагом до 2 мм нарезают поперечным врезанием резца (рис. 10.4).

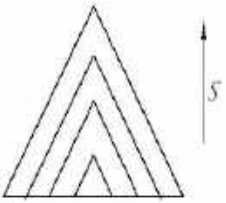


Рис. 10.4. Схема врезного нарезания резьбы

Это объясняется небольшой силой резания, действующей на резьбу, и мягким сходом стружки с обеих режущих кромок.

Нарезание треугольной резьбы резцом боковым врезанием. Резьбу большого шага (2 мм и более) нарезают не поперечным, а боковым врезанием резца, при котором работает только одна режущая кромка (рис. 10.5).

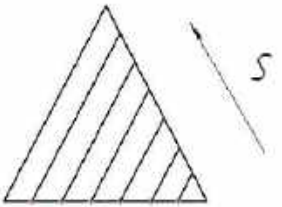


Рис. 10.5. Схема бокового нарезания резьбы

При боковом врезании облегчается процесс резания, повышается качество резьбы. Верхние салазки суппорта поворачивают для метрической резьбы на 30^0 (дюймовой – на $22{,}5^0$) относительно своего нормального положения. Врезание осуществляется рукояткой верхних салазок суппорта. Последние один-два чистовых рабочих хода выполняются с поперечной подачей.

Нарезание левой резьбы осуществляется при вращении ходового винта в сторону, противоположную вращению шпинделя. Для этого переключают механизм реверсирования вращения ходового винта (реверс). Перед нарезанием левых резьб врезание производят в зарезьбовую канавку, а суппорт с резцом перемещают слева направо (от передней бабки к задней).

Нарезание резьбы на конусе. Как правило, на конусе нарезается треугольная резьба (рис. 10.6).

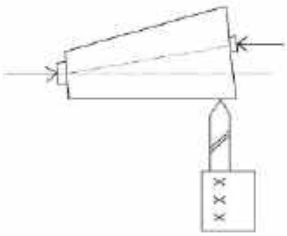


Рис. 10.6. Схема нарезания конической резьбы

Коническая резьба обеспечивает герметизацию за счет незначительной пластической деформации нескольких ниток. Резьба нарезается на конусе только резцом. Основные условия нарезания: соответствие профиля резца профилю резьбы, продольная механическая подача должна равняться шагу, а образующая конца должна быть параллельна оси вращения детали.

Особенности технологического процесса нарезания кинематической резьбы резцом на токарно-винторезном станке

Трапецеидальные резьбы: упорные и прямоугольные (шагом до 3 мм) нарезают соответственно заточенными резцами за несколько рабочих ходов так же, как и треугольные резьбы. Трапецеидальные резьбы большого шага (более 3 мм) прорезаются предварительно прорезным резцом прямоугольного профиля, затем окончательно чистовым резцом трапецеидального профиля (рис. 10.7).

Врезание ведут поперечной подачей симметрично относительно прямоугольной канавки. Профиль трапеции формируется за несколько черновых и чистовых проходов. В работе участвуют обе

режущие боковые кромки, испытывая одинаковую нагрузку, резец не прогибается продольно. Резьба получается высокой точности.

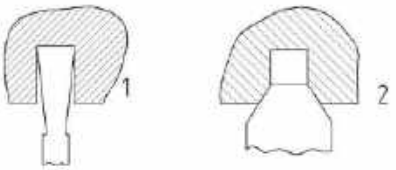


Рис. 10.7. Схема нарезания трапецеидальной кинетической резьбы: 1 – прямоугольный профиль; 2 – трапецеидальный профиль

Нарезание многозаходной резьбы. Чтобы нарезать многозаходную резьбу, настройку станка производят не на шаг, а на ход, т.е. за 1 оборот детали резец должен пройти в продольном направлении расстояние, равное ходу:

$$M = K \cdot t_p, \text{ мм}, \qquad (24)$$

где K – число заходов;

t_p – шаг резьбы, мм.

Например, для нарезания резьбы М20×2×3 (шаг 2 мм, 3 захода) устанавливается продольная подача $S_{пр}$ = М = 2×3 = 6 мм/об. После прорезания первой канавки заготовка проворачивается на угол, равный $\frac{360^\circ}{K}$. Это осуществляется при помощи делительного диска, находящегося на заднем конусе шпинделя, или при помощи поводкового патрона с делительным устройством, или путем продольного перемещения резца верхним суппортом на 1 шаг. Смещение резца контролируется лимбом верхнего суппорта или индикатором.

Для того чтобы все канавки были выполнены на одной глубине и толщина всех витков была одинаковой, вначале все канавки прорезают с предварительной настройкой резца (начерно), а затем резец устанавливается окончательно и с одной его установки обрабатывается вся резьба.

Настройка токарно-винторезного станка 1615 на нарезание резьбы резцом

Ходовой винт продольной подачи $t_{х.в.}$ = 6 мм включают через разъёмную гайку только при нарезании резьбы и винтовых канавок (рис. 10.8).

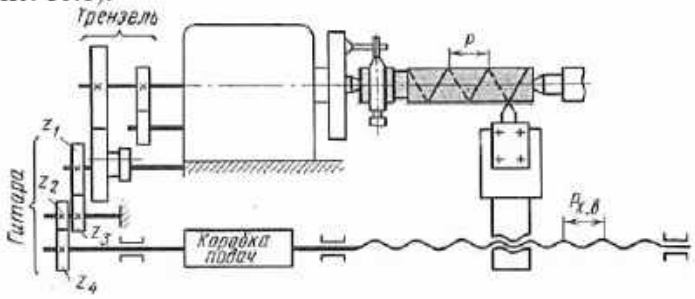


Рис. 10.8. Принципиальная схема нарезания резьбы на токарно-винторезном станке

Шаг ходового винта и шаг нарезаемой резьбы связаны между собой зависимостью:

$$t_{нар.резьбы} = 1_{об.шп} \cdot i_{см} \cdot i_{кор.под.} \cdot t_{х.в.прод.подачи}, \qquad (25)$$

где $1_{об.шп}$ – один оборот шпинделя;

$t_{нар.резьбы}$ – продольная подача через ходовой винт;

$i_{см}$ – передаточное отношение сменной гитары шестерен;

$i_{кор.под}$ – передаточное отношение коробки подач;

$t_{х.в.прод.подачи}$ – шаг ходового винта продольной подачи;

$$i_{см} = \frac{t_{нар.резьбы}}{t_{х.в.прод.подачи} \cdot i_{кор.под.}}. \qquad (26)$$

К станку 1615 прилагается чётный набор сменных шестерён со следующим количеством зубьев: 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 31, 33, 32, 36, 38, 42, 48 или пятковый набор с числом зубьев Z = 20, 25-120. В зависимости от типа нарезаемой резьбы возможны различные варианты расчёта.

Методика настройки токарно-винторезного станка на нарезание метрической резьбы резцом

Методика настройки токарно-винторезного станка на нарезание метрической резьбы заключается в расчете передаточного отношения между сменными шестернями гитары, выбор их из комплекта и установка. Расчет передаточного отношения можно рассмотреть на примере.

Пример. Рассчитать настройку станка для нарезания резьбы, шаг которой равен $t = 1{,}25$ мм.

По формуле (26) рассчитаем передаточное отношение сменной гитары шестерен:

$$i_{см} = \frac{t_{нар.\ резьбы}}{t_{х.в.} \cdot i_{кор.под.}}.$$

Передаточное отношение коробки передач может равняться: 2; 1; ½; ¼.

Примем $i_{кор.под} = ¼$. Тогда

$$i_{см} = \frac{1{,}25 \cdot 4}{6 \cdot 1} = \frac{5}{6}.$$

Далее раскладываем эту дробь на 2 дроби (по числу пар зацепления $\frac{A}{Б} \cdot \frac{B}{Д}$) таким образом, чтобы умножив числитель и знаменатель каждой на какое либо одно и тоже число, чтобы получить передаточное отношение шестерён с числом зубьев, имеющимся в сменном наборе. Отсюда:

$$i_{см} = \frac{5}{6} = \frac{2}{3} \cdot \frac{5}{4} = \frac{2 \cdot 11}{3 \cdot 11} \times \frac{5 \cdot 5}{4 \cdot 5} = \frac{22}{33} \times \frac{25}{20}.$$

$$i_{см} = \frac{22}{33} \times \frac{25}{20}.$$

А = 22; Б = 33; В = 25; Д = 20.

Паразитную шестерню Г устанавливают с учётом межосевого расстояния шестерён В и Д.

Не меняя передаточного отношения сменной гитары шестерен $i_{см}$, можно за счет изменения передаточного отношения коробки передач ($i_{кор.под}$) нарезать резьбы с шагом: 2,5; 5; 10 мм.

Задание 1. Ознакомиться с классификацией и назначением кинематических резьб.

Задание 2. Ознакомиться с элементами и параметрами прямоугольной, трапецеидальной, упорной наружной кинематических резьб.

Задание 3. Изучить способы нарезания наружной кинематической резьбы на токарно-винторезном станке резцом.

Задание 4. Выполнить настройку токарно-винторезного станка на нарезание наружной кинематической резьбы согласно варианту задания (табл. 12) и нарезать резьбу резцом на ступени вала.

Таблица 12

Варианты заданий точения кинематической резьбы

№ варианта	Диаметр резьбы d, мм	Шаг резьбы S, мм	Передаточное отношение сменных шестерен $i_{см}$
1	12	1,75	*
2	14	2	*
3	16	2	*
4	18	2,5	*
5	20	2,5	*
6	22	2,5	*
7	24	3	*
8	27	3	*
9	30	3,5	*

Примечание: * – расчетный параметр передаточного отношения гитары сменных шестерен токарно-винторезного станка.

Контрольные вопросы

1. Назначение и классификация кинематических резьб.
2. Чем упорная трапецеидальная резьба отличается от других кинематических резьб?
3. Объясните особенности нарезания кинематических резьб на токарно-винторезном станке по сравнению с крепежными.
4. Как нарезать резцом треугольную резьбу способом поперечного и бокового врезания?
5. Опишите методику нарезания многозаходной кинематической резьбы на токарно-винторезном станке.
6. Рассчитайте настройку станка для нарезания резьбы, шаг которой равен t = 1,5 мм.

Лабораторная работа №11
ОБРАБОТКА КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОМ СТАНКЕ

Цель работы: 1) ознакомиться с технологическим процессом обработки конической поверхности на токарно-винторезном станке; 2) получить практические умения работы на токарно-винторезном станке при обработке конической поверхности.

Оборудование: токарно-винторезный станок 1615.

Измерительные инструменты: штангенциркуль ШЦ I, ШЦ II.

Режущие инструменты: резец проходной, резец отрезной, резец подрезной, набор метчиков для нарезания метрической резьбы.

Приспособления: трехкулачковый патрон, упорный вращающийся центр.

Инструменты: ключ патрона, ключ резцедержателя.

Основные сведения о технологическом процессе обработки конических поверхностей на токарно-винторезном станке

Общие сведения о конусах

Основные геометрические параметры конуса (рис. 11.1): D и d – диаметры оснований конуса, мм; l – длина конуса (расстояние между основаниями), мм; α – угол уклона конуса, град; 2α – угол конуса, град.

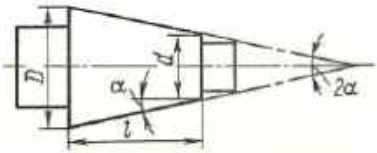


Рис. 11.1. Параметры конуса

На чертежах деталей с коническими поверхностями указывается иногда конусность этих поверхностей, а иногда уклон конуса.

Конусностью называется отношение разности диаметров двух поперечных сечений конуса к расстоянию между ними:

$$K = \frac{D - d}{l}, \qquad (27)$$

где K – конусность;

D – диаметр одного сечения конуса, мм;

d – диаметр другого сечения конуса, мм;

l – расстояние между сечениями (длина конической поверхности), мм.

Пример. Дан конус, у которого больший диаметр равен 25 мм, меньший 23 мм, а длина его равна 100 мм. Определить конусность.

По формуле (27) находим:

$$K = \frac{D - d}{l} = \frac{25 - 23}{100} = \frac{2}{100} = \frac{1}{50}.$$

Уклоном конуса называется половина конусности.

Например, уклон конуса, размеры которого указаны в примере 1, равен

$$\frac{1}{50} : 2 = \frac{1}{100}.$$

Конусность и уклон конуса выражаются обычно простой дробью, записываемой так: 1/20; 1/50 и т. д. В некоторых случаях конусность и уклон конуса указывают на чертежах десятичной дробью, например: 0,05; 0,02 и т. д. Если даны два конуса с конусностью у первого 0,05, а у второго 1/20, то очевидно, что конусность их одинакова. В самом деле,

$$0{,}05 = \frac{5}{100} = \frac{1}{20}.$$

Связь между размерами конуса. На чертеже конуса не всегда бывают проставлены все размеры, необходимые для обработки конуса выбранным способом. Поэтому токарь должен хорошо знать, какая существует связь между размерами конусов, и по данным размерам находить другие, не указанные на чертеже (табл. 13).

Пример 1. Дан конус, у которого $d = 60$ *мм*, $l = 900$ *мм* и $K = 1/30$.

Определить больший диаметр этого конуса.

$$D = K \cdot l + d = \frac{1}{30} \cdot 900 + 60 = 30 + 60 = 90 \text{мм}.$$

Таблица 13

Формулы для определения размеров конуса, не указанных на чертеже

№ п/п	Определяемые размеры	Указанные размеры	Формулы для определения неуказанных размеров
1	D	d, l, α	$D = 2 \cdot l \cdot tg\alpha + d$
2	D	d, l, K	$D = K \cdot l + d$
3	d	D, l, α	$d = D - 2l \cdot tg\alpha$
4	d	D, l, K	$tg\alpha = D - K \cdot l$
5	α	D, d, l	$tg\alpha = \frac{D-d}{2l}$
6	α	D, l, K	$tg\alpha = \frac{K}{2}$
7	α	d, l, K	$tg\alpha = \frac{K}{2}$

Пример 1. Дан конус, у которого d = 60 *мм*, l = 900 *мм* и $K = 1/30$.

Определить больший диаметр этого конуса.

$$D = K \cdot l + d = \frac{1}{30} \cdot 900 + 60 = 30 + 60 = 90 мм.$$

Пример 2. Дан конус, у которого D = 50 *мм*, l = 200 *мм* и $\alpha = 3°30'$.

Определить меньший диаметр этого конуса.

$$d = D - 2 \cdot l \cdot tg\alpha = 50 - 2 \cdot 200 tg 3°30'.$$

По таблице тангенсов (прил. 4) находим

$$tg\alpha 3°30' = 0{,}061.$$

Поэтому

$$d = 50 - 2 \cdot 200 \cdot 0{,}061 = 50 - 24{,}4 = 25{,}6 мм \ .$$

Пример 3. Определить угол α уклона конуса, если на чертеже указаны его размеры: D= 80 *мм*, d = 60 *мм*, l = 120 *мм*.

$$tg\alpha = \frac{D-d}{2l} = \frac{80-60}{2 \cdot 120} = \frac{1}{12} = 0{,}083.$$

По таблице тангенсов (прил. 4) находим (приблизительно)

$$arctg^{-1}\,0{,}083 = 4°45'$$

$$\alpha = 4°45'.$$

Пример 4. Дан конус, у которого D = 90 *мм*, l = 900 *мм*, K = *1/30*.

Определить угол наклона конуса.

$$tg\alpha = \frac{K}{2} = \frac{1}{30} \div 2 = \frac{1}{60} = 0{,}017.$$

По таблице тангенсов (прил. 4) находим (приблизительно):

$$\text{arctg}^{-1}\,0{,}017 = 1°;\ \alpha = 1^0.$$

Обработка конических поверхностей точением на токарно-винторезных станках обеспечивается вращением заготовки (главное движение резания D_r) и перемещением инструмента (движение подачи D_S). В зависимости от способа подача может быть продольной, поперечной, наклонной (табл. 14). При одновременном равномерном движении резца параллельно и перпендикулярно оси вращения заготовки также будет формироваться коническая поверхность. Этот способ используют на токарных станках с числовым программным управлением (ЧПУ).

Таблица 14

Рекомендации для выбора способы обработки конических поверхностей

Способы обработки конических поверхностей	Вид конической поверхности	Параметры конуса		Способ установки заготовки	Вид подачи
		α, град	*l*, мм		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
Широким резцом	Наружные Внутренние	Любой	До 50	Трехкулачковый патрон	Продольная или поперечная
Смещением задней бабки	Наружные	8-10	Любая (в пределах расстояния между центрами станка)	В шариковых центрах	Продольная
Поворотом верхнего суппорта	Наружные Внутренние	Любой	Не больше длины хода верхней каретки суппорта	Трехкулачковый патрон	Наклонная (подача резца в ручную)

Окончание табл. 14

1	2	3	4	5	6
С использованием копировальной линейки	Наружные Внутренние	До 12	Любая (в пределах длины линейки)	Трехкулачковый патрон или в центрах	Наклонная (сложение продольной и поперечной)
Коническими зенкерами или разверткой	Внутреннее	Любое	Любая (в пределах длины инструмента)	Трехкулачковый патрон	Продольная

Режущий инструмент

Наружные конические поверхности обрабатывают проходными резцами, внутренние – расточными. Чтобы получить конические отверстия, в сплошной заготовке предварительно сверлят цилиндрическое отверстие. Затем в зависимости от размера и требуемой точности его обрабатывают зенковками, зенкерами, развертками, а также расточными резцами.

Обработка конической поверхности широким резцом

Формообразование конических поверхностей широким резцом (рис. 11.2) осуществляется методом копирования.

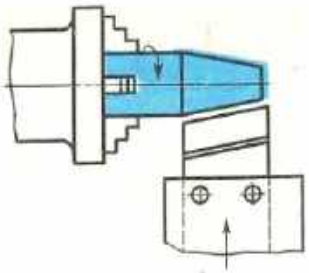


Рис. 11.2. Схема обработки конической поверхности широким резцом

Резец устанавливают в резцедержателе так, чтобы главный угол в плане φ был равен углу уклона конуса α. Длина главной режущей кромки лезвия должна быть на 1…3 мм больше длины образующей конической поверхности. Резцу сообщают движение

подачи в поперечном или продольном направлении. Способ наиболее широко используют для снятия фасок.

Обработка конической поверхности поворотом верхнего суппорта

Формообразование конических поверхностей поворотом верхнего суппорта (рис. 11.3) осуществляется методом следов.

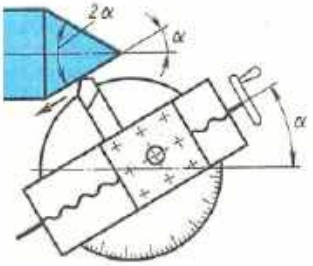


Рис. 11.3. Схема обработки конической поверхности поворотом верхнего суппорта

Верхний суппорт поворачивают под углом α к линии центров станка. Движение подачи (наклонная подача) задают резцу вручную вращением рукоятки лимба верхних салазок супорта. Ось вращения заготовки совпадает с линией центров станка.

Обработка конической поверхности с использованием копировальной линейки

Формообразование конических поверхностей с использованием копирной линейки (рис. 11.4) осуществляется методом следов.

К станине станка крепят плиту *1* с копировальной линейкой *2*, по которой перемещается ползун *5*, соединенный с поперечным суппортом станка *7* тягой *8*. При перемещении продольного суппорта резец, установленный в резцедержателе на суппорте *6*, получает два движения: продольное от продольного суппорта и поперечное от копировальной линейки *2*. В результате сложения двух движений подач резец перемещается вдоль образующей обрабатываемой поверхности под углом α к линии центров станка.

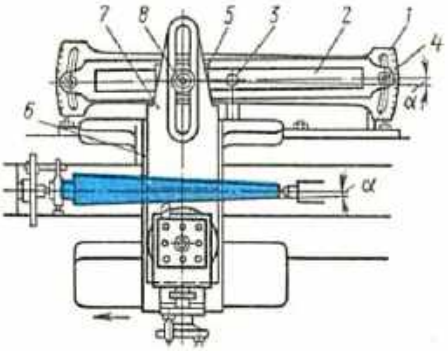


Рис. 11.4. Схема обработка конической поверхности с использованием копировальной линейки

Угол поворота линейки, соответствующий углу уклона конуса, задают по делениям на плите *1*. Этот способ обеспечивает высокую точность обработки.

Обработка конической поверхности смещением задней бабки в поперечном направлении

Формообразование конических поверхностей смещением задней бабки в поперечном направлении (рис. 11.5) осуществляется методом следов.

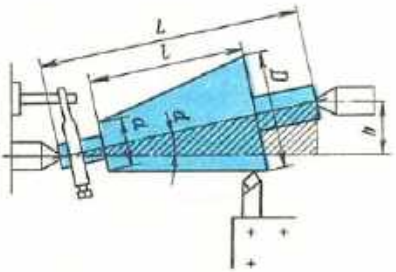


Рис. 11.5. Схема обработки конической поверхности смещением оси задней бабки

Заготовку устанавливают в центрах под углом α к линии центров станка так, чтобы ее ось вращения совпадала с осью

конической обрабатываемой поверхности. Для этого заднюю бабку станка смещают в поперечном направлении по ее направляющим на величину h, которая рассчитывается по формуле:

$$h = l \cdot tg\alpha, \qquad (28)$$

где h – смещение , мм;

α – угол уклона конуса;

l – расстояние между сечениями (длина конуса), мм.

Образующая конической поверхности будет параллельна линии центров станка. Обработку проводят, используя движение подачи резца в продольном направлении. Способ не обеспечивает высокую точность обработки.

Задание 1. Ознакомиться с общими сведениями о конусах.

Задание 2. Ознакомиться со способами обработки конических поверхностей.

Задание 3. Выполнить расчет настройки токарно-винторезного станка согласно варианту задания на точение конической поверхности и на основании расчета выбрать метод обработки.

Вариант №1. Изготовить на токарно-винторезном станке наружный конус, у которого $d = 20$ *мм*, $l = 400$ *мм* и $K = 1 : 30$.

Рассчитать больший диаметр этого конуса. Определить: способ обработки конических поверхностей, способ установки заготовки, вид подачи.

Вариант №2. Изготовить на токарно-винторезном станке наружный конус, у которого $D = 150$ *мм*, $l = 500$ *мм* и $\alpha = 8°30'$.

Рассчитать меньший диаметр конуса. Определить: способ обработки конических поверхностей, способ установки заготовки, вид подачи.

Вариант №3. Изготовить на токарно-винторезном станке наружный конус, если его размеры составляют: $D = 80$ *мм*, $d = 60$ *мм*, $l = 120$ *мм*.

Рассчитать угол уклона конуса. Определить: способ обработки конических поверхностей, способ установки заготовки, вид подачи.

Вариант №4. Изготовить на токарно-винторезном станке наружный конус, если его размеры составляют $D = 90$ *мм*, $l = 60$ *мм*.

Рассчитать угол наклона конуса. Определить: способ обработки конических поверхностей, способ установки заготовки, вид подачи.

Задание 4. Выполнить настройку токарно-винторезного станка на точение конической поверхности способом смещения оси задней бабки и проточить конус.

Контрольные вопросы

1. Какими способами получают наружные конические поверхности на токарно-винторезном станке?
2. Какими способами можно обработать на токарно-винторезном станке внутреннюю коническую поверхность?
3. Каким способом обрабатывают наружную коническую поверхность с углом конуса при вершине 60° и длиной образующей 100 мм?
4. Какие инструменты используют для обработки наружной и внутренней конических поверхностей?

Приложения

Приложение 1

Таблица П.1.1

Рекомендации по выбору марок твердого сплава для обработки чугунов и сталей

Вид точения	Марка твердого сплава при обработке		
	серого чугуна	углеродистой стали обычного качества	углеродистой качественной стали
Чистовое точение	ВК6	Т15К6	Т14К8
Черновое точение	ВК8	ВК8	Т5К10

Таблица П.1.2

Рекомендуемые основные углы и радиус при вершине проходных резцов с пластинами из твердого сплава

Обрабатываемый материал		γ, °	α, °	φ, °	λ, °	r, мм
Серый чугун	НВ ≤ 250	12	8...10	30...60	0...5	0,5...1,5
	НВ > 250	8	8...10	30...60	0...5	0,5...1,5
Углеродистая сталь $\sigma_в \geq 300$ МПа		10...16	6...10	45 ...60	0...5	0,5...1,5

Таблица П.1.3

Число проходов i резца при чистовом точении в зависимости от заданной шероховатости, жесткости технологической системы и припуска на обработку

Параметр шероховатости, мкм	Технологическая система	Припуск $П$ на обработку, мм							
		≤1	≤2	≤3	≤4	≤5	≤6	≤7	≤8
		Число проходов, i							
R_z 80...40	Жесткая	1	1	2	2	3	3	4	4
	Средняя	2	2	3	3	4	4	5	5
	Нежесткая	3	3	4	4	5	5	6	6
R_a 1,25...0,63	Жесткая	3	3	4	4	5	5	-	-
	Средняя	4	4	5	6	6	-	-	-
	Нежесткая	5	5	6	7	-	-	-	-

Таблица П.1.4

Подачи S_o при черновом точении чугуна и углеродистых сталей резцами с пластинами из твердого сплава

Размер державки резца ($B \times H$), мм	Диаметр заготовки, мм	$t \leq 2$	$t \leq 4$	$t \leq 6$
		S_o, мм/об		
16 × 25	$D \leq 60$	0,9	0,8	0,7
	$D \leq 100$	1,2	1,1	0,9

Таблица П.1.5

Подачи S_o при чистовом точении чугуна и стали резцами с пластинами из твердого сплава

Радиус вершины резца, мм	S_o, мм/об		
	R_a 5...2,5	R_a 2,5...1,2	R_a 1,2...0,63
0,5	0,13	0,08	0,06
1,0	0,19	0,11	0,07

Таблица П.1.6

Паспортные данные токарно-винторезного станка 16К20

Мощность электродвигателя $N_Д$, кВт	10				
КПД привода станка, η	0,75				
Частота вращения шпинделя n_{cm}, об/мин	12,5	16	20	25	31,5
	40	50	63	80	100
	125	160	200	250	315
	400	500	630	800	1000
	1250	1600			
Продольные подачи S_{cm}, мм/об	0,05	0,06	0,075	0,09	0,1
	0,125	0,15	0,175	0,2	0,25
	0,3	0,35	0,4	0,5	0,6
	0,7	0,8	1	1,2	1,4
	1,6	2	2,4	2,8	

Таблица П.1.7

Значения коэффициента C_V и показателей степени x_v, y_v

Материал заготовки	Подача	C_V	x_v	y_v
Углеродистая конструкционная сталь	$S_{cm} \le 0,3$	420	0,15	0,29
	$S_{cm} \le 0,7$	350	0,15	0,35
	$S_{cm} > 0,7$	340	0,15	0,45
Чугун	$S_{cm} \le 0,40$	292	0,5	0,20
	$S_{cm} > 0,40$	243	0,5	0,40

Таблица П.1.8

Допустимый износ и стойкость резцов с пластинами из твердого сплава

Вид обработки	Обрабатываемый материал	Износ $h_з$, мм	Период стойкости T, мин	Показатель относительной стойкости, m
Черновое точение	чугун	0,8...1,0	30	0,2
	углеродистая сталь	0,8...1,2	30	0,2
Чистовое точение	чугун	0,6...0,8	30	0,2
	углеродистая сталь	0,4...0,6	30	0,2

Таблица П.1.9

Коэффициент K_{MV}, учитывающий влияние физико-механических свойств обрабатываемого материала на скорость резания

Углеродистая сталь	Серый чугун
$K_{MV} = \frac{750}{\sigma_в}$	$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25}$

Таблица П.1.10

Значения коэффициента $K_{\Pi V}$, учитывающего влияние состояния поверхности заготовки на скорость резания

Вид заготовки	Материал заготовки	
	углеродистая сталь	серый чугун
Отливка с коркой	0,5	0,6
Отливка без корки	1,0	1,0
Прокат	0,9	-
Поковка	0,8	-

Таблица П.1.11

Значения коэффициента K_{HV}, учитывающего влияние инструментального материала на скорость резания

Инструментальный материал	Материал заготовки	
	конструкционная сталь	серый чугун
ВК6	-	1,0
ВК8	0,4	0,83
Т5К10	0,65	-
Т14К8	0,8	-
Т15К6	1,0	-

Таблица П.1.12

Значения коэффициента C_{P_z} и показателей степени X_P, Y_P, K_P в формуле силы резания при наружном продольном точении

Обрабатываемый материал	C_{P_z}	X_P	Y_P	K_P
Углеродистая сталь	300	1,0	0,75	–0,15
Серый чугун	92	1,0	0,75	0

Таблица П.1.13

Коэффициент $K_{M\varphi}$, учитывающий влияние качества обрабатываемого материала на составляющую P_Z силы резания

Обрабатываемый материал	$K_{M\varphi}$
Углеродистая конструкционная сталь	$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75}$
Серый чугун	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{0,4}$

Таблица П.1.14

Значения коэффициентов, учитывающих влияние геометрических параметров режущей части твердосплавного инструмента на составляющую P_Z силы резания

Обозначение	Величина угла	Значение коэффициента
$K_{\varphi p}$	$\varphi = 30^0$	1,08
	$\varphi = 45^0$	1,0
	$\varphi = 60^0$	0,94
	$\varphi = 90^0$	0,89
$K_{\gamma p}$	$\gamma = -15^0$	1,25
	$\gamma = 0^0$	1,1
	$\gamma = 10^0$	1,0
$K_{\lambda p}$	$\lambda = -15^0$	1,0
	$\lambda = 0^0$	1,0
	$\lambda = 5^0$	1,0
	$\lambda = 15^0$	1,0

Приложение 2

Лабораторная работа №7

Пример расчета параметров режима точения наибольшей ступени вала

Рассчитать режимы точения для наибольшей ступени двухступенчатого стального вала при обработке заготовки шестигранник $D = 50$ *мм* с диаметром наибольшей ступени вала $d = 48$ *мм*.

1) Определяем припуск на обработку:

$$П = \frac{D-d}{2} = \frac{50-48}{2} = 1 \text{ мм}.$$

В связи с тем, что в данном варианте производится черновая обработка, значение глубины резания t принимаем равным припуску на обработку $П$:

$$t = П = 1 \text{ мм}.$$

Так как глубина резания равна припуску на обработку (при черновой обработке), то число проходов резца $i = 1$. В случае расчета режима резания для чистовой обработки при определении числа проходов i необходимо воспользоваться данными таблицы П.1.3.

По таблице П.1.4 подача $S_o = 0{,}9$ мм/об. В связи с тем, что в ряде подач, обеспечиваемых станком, нет подачи 0,9, принимаем $S_{ст} = 0{,}8$ мм/об.

2) Определяем допустимую скорость резания:

$$V_Д = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S_{ст}^{y_V}} K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

$$V_Д = \frac{292}{30^{0,2} \cdot 1^{0,5} \cdot 0{,}8^{0,2}} \cdot \left(\frac{190}{180}\right)^{1,25} \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}83 = 82 \text{ м/мин}.$$

3) Определяем частоту вращения шпинделя станка:

$$n = \frac{1000 \cdot V_Д}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 82}{3{,}14 \cdot 50} = 522 \text{ мин}^{-1}.$$

4) Корректируем частоту вращения по частоте, которую обеспечивает станок (табл. П.1.14). Принимаем $n_{ст} = 500$ мин$^{-1}$.

5) Определяем фактическую скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{ст}}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot 500}{1000} = 78 \text{ м/мин.}$$

6) Определяем тангенциальную составляющую силы резания:

$$P_z = 10 \cdot C_{P_z} \cdot t^{X_P} \cdot S^{Y_P} \cdot V^{K_P} \cdot K_{MP} \cdot K_{\varphi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P}$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 1^1 \cdot 0{,}8^{0.75} \cdot 78^0 \left(\frac{180}{190}\right)^{0.4} \cdot 0{,}94 \cdot 1 \cdot 1 = 714 \text{ Н.}$$

7) Определяем мощность резания, необходимую для осуществления процесса резания при выбранных режимах:

$$N_P = P_Z \frac{V}{60} = 714 \cdot \frac{78}{60} = 928{,}2 Bm = 0{,}928 \text{ кВт.}$$

8) Проверяем мощность резания по условию:

$$N_P \le N_{шп}, N_Д \cdot \eta = 10 \cdot 0{,}75 = 7{,}5 \text{ кВт.}$$

$$0{,}928 \le 7{,}5.$$

Расчетная мощность резания меньше, чем мощность, которая обеспечивается на шпинделе станка, следовательно, обработка заготовки при назначенном режиме резания возможна.

9) Рассчитываем основное технологическое время:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{ст} \cdot S_{ст\,шп}} = \frac{\left[50 + \left(1 \cdot ctg(60°) + 1\right) + 5\right] \cdot 1}{500 \cdot 0{,}8} = 0{,}14 \text{ мин.}$$

Приложение 3

Таблица П.3.1

Размеры стержней и отверстий под метрическую резьбу

Ø резьбы d, мм	Тип резьбы							
	основная				мелкая			
	Шаг S, мм	Ø стержня		Ø сверла $d_{св} \approx d - s$	Шаг S, мм	Ø стержня		Ø сверла $d_{св} \approx d - s$
		наибольший	наименьший			наибольший	наименьший	
6	1	5,9	5,8	5,0	0,75	5,95	5,9	5,2
8	1,25	7,9	7,8	6,7	1	7,95	7,9	6,9
10	1,5	9,9	9,75	8,4	1	9,95	9,9	8,9
12	1,75	11,9	11,75	10,1	1,25	11,94	11,9	10,6
14	2	13,9	13,7	11,8	1,5	13,94	13,9	12,4
16	2	15,9	15,7	13,8	1,5	15,94	15,9	14,4
18	2,5	17,9	17,7	15,3	1,5	17,94	17,9	16,4
20	2,5	19,9	19,7	17,3	1,5	19,93	19,9	18,4
22	2,5	21,9	21,7	19,3	1,5	21,93	21,9	20,4
24	3	23,85	23,65	20,7	2	23,93	23,8	21,8
27	3	26,79	26,65	23,7	2	26,93	26,79	24,8
30	3,5	29,8	29,6	26,1	2	29,93	29,8	27,8

Таблица П.3.2

Размеры стержней и отверстий
под трубную цилиндрическую резьбу

Диаметр				Шаг резьбы (мм)	Число ниток на 1"
Номинальный (дюйм)	Наружный (мм)	Стержня (мм)	Сверла (мм)		
1/4	13,16	13	11,9	1,34	19
1/2	20,96	20,8	19	1,81	14
3/4	26,44	26,2	24,3	1,81	14
1	33,25	33	30,5	2,31	11
1¼	41,91	41,5	39,2	2,31	11
1½	47,8	47,5	45	2,31	11
1¾	53,75	53,5	51	2,31	11
2	59,62	59,4	56,9	2,31	11

Примечание. Номинальным диаметром трубной резьбы является диаметр отверстия в трубе на наружной поверхности, которой нарезана резьба.

Приложение 4

Таблица тангенсов

Гра-	Тангенс							Граду-
дусы	0	10	20	30	40	50	60	сы
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0	0,000	0,003	0,006	0,009	0,012	0,015	0,017	0
1	0,017	0,020	0,023	0,026	0,029	0,032	0,035	1
2	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,049	0,052	2
3	0,052	0,055	0,058	0,061	0,064	0,067	0,070	3
4	0,070	0,073	0,076	0,079	0,082	0,085	0,087	4
5	0,087	0,090	0,093	0,096	0,099	0,102	0,105	5
6	0,105	0,108	0,111	0,114	0,117	0,120	0,123	6
7	0,123	0,126	0,129	0,132	0,135	0,138	0,141	7
8	0,141	0,144	0,146	0,149	0,152	0,155	0,158	8
9	0,158	0,161	0,164	0,167	0,170	0,173	0,176	9
10	0,176	0,179	0,182	0,185	0,188	0,191	0,194	10
11	0,194	0,197	0,200	0,203	0,206	0,210	0,213	11
12	0,213	0,216	0,219	0,222	0,225	0,228	0,231	12
13	0,231	0,234	0,237	0,240	0,243	0,246	0,249	13
14	0,249	0,252	0,256	0,259	0,262	0,265	0,286	14
15	0,268	0,271	0,274	0,277	0,280	0,284	0,287	15
16	0,287	0,290	0,293	0,296	0,299	0,303	0,306	16
17	0,306	0,309	0,312	0,315	0,319	0,322	0 325	17
18	0,325	0,328	0,331	0,335	0,338	0,341	0,344	18
19	0,344	0,348	0,351	0,354	0,357	0,361	0,364	19
20	0,364	0,367	0,371	0,374	0,377	0,381	0,384	20
21	0,384	0,387	0,391	0,394	0,397	0,401	0,404	21
22	0,404	0,407	0,411	0,414	0,418	0,421	0,424	22
23	0,424	0,428	0,431	0,435	0,438	0,442	0,445	23
24	0,445	0,449	0,452	0,456	0,459	0,463	0,466	24
25	0,466	0,470	0,473	0,477	0,481	0,484	0,488	25
26	0,488	0,491	0,495	0,499	0,502	0,506	0,510	26
27	0,510	0,513	0,517	0,521	0,524	0,528	0,532	27
28	0,532	0,535	0,539	0,543	0,547	0,551	0,554	28
29	0,554	0,558	0,562	0,566	0,570	0,573	0,577	29
30	0,577	0,581	0,585	0,589	0,593	0,597	0,601	30
31	0,601	0,605	0,609	0,613	0,617	0,621	0,625	31
32	0,625	0,629	0,633	0,637	0,641	0,645	0,649	32
33	0,649	0,654	0,658	0,662	0,666	0,670	0,675	33
34	0,675	0,679	0,683	0,687	0,692	0,696	0,700	34
35	0,700	0,705	0,709	0,713	0,718	0,722	0,727	35
36	0,727	0,731	0,735	0,740	0,744	0,749	0,754	36
37	0,754	0,758	0,763	0,767	0,772	0,777	0,781	37
38	0,781	0,786	0,791	0,795	0,800	0,805	0,810	38

Продолжение прил. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
39	0,810	0,815	0,819	0,824	0,829	0,834	0,839	39
40	0,839	0,844	0,849	0,854	0,859	0,864	0,869	40
41	0,869	0,874	0,880	0,885	0,890	0,895	0,900	41
42	0,900	0,906	0,911	0,916	0,922	0,927	0,933	42
43	0,933	0,938	0,943	0,949	0,955	0,960	0,966	43
44	0,966	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	1,000	44
45	1,000	1,006	1,012	1,018	1,024	1,030	1,036	45
46	1,036	1,042	1,048	1,054	1,060	1,066	1,072	46
47	1,072	1,079	1,085	1,091	1,098	1,104	1,111	47
48	1,111	1,117	1,124	1,130	1,137	1,144	1,150	48
49	1,150	1,157	1,164	1,171	1,178	1,185	1,192	49
50	1,192	1,199	1,206	1,213	1,220	1,228	1,235	50
51	1,235	1,242	1,250	1,257	1,265	1,272	1,280	51
52	1,280	1,288	1,295	1,303	1,311	1,319	1,327	52
53	1,327	1,335	1,343	1,351	1,360	1,368	1,376	53
54	1,376	1,385	1,393	1,402	1,411	1,419	1,428	54
55	1,428	1,437	1,446	1,455	1,464	1,473	1,482	55
56	1,483	1,492	1,501	1,511	1,520	1,530	1,540	56
57	1,540	1,550	1,560	1,570	1,580	1,590	1,600	57
58	1,600	1,611	1,621	1,632	1,643	1,653	1,664	58
59	1,664	1,675	1 686	1,698	1,709	1,721	1,732	59
60	1,732	1,744	1,756	1,768	1,780	1,792	1,804	60
61	1,804	1,816	1,829	1,842	1,855	1,868	1,881	61
62	1,881	1,894	1,907	1,921	1,935	1,949	1,963	62
63	1,963	1,977	1,991	2,006	2,020	2,035	2,050	63
64	2,050	2,066	2,081	2,097	2,112	2,128	2,145	64
65	2,145	2,161	2,177	2,194	2,211	2,229	2,246	65
66	2,246	2,264	2,282	2,300	2,318	2,337	2,356	66
67	2,356	2,375	2,395	2,414	2,434	2,455	2,475	67
68	2,475	2,496	2,517	2,539	2,561	2,583	2,605	68
69	2,605	2,628	2,651	2,675	2,699	2,723	2,748	69
70	2,748	2,773	2,798	2,824	2,850	2,877	2,904	70
71	2,904	2,932	2,960	2,989	3,018	3,048	3,078	71
72	3,078	3,108	3,140	3,172	3,204	3,237	3,271	72
73	3,271	3,305	3,340	3,376	3,412	3,450	3,487	73
74	3,487	3,526	3,566	3,606	3,647	3,689	3,732	74
75	3,732	3,766	3,821	3,867	3,914	3,962	4,011	75
76	4,011	4,061	4,113	4,165	4,219	4,275	4,331	76
77	4,332	4,390	4,449	4,511	4,574	4,638	4,705	77
78	4,705	4,733	4,843	4,915	4,989	5,066	5,145	78
79	5,145	5,226	5,309	5,396	5,485	5,576	5,671	79
80	5,671	5,769	5,871	5,976	6,084	6,197	6,314	80

Окончание прил. 4

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
81	6,314	6,435	6,561	6,691	6,827	6,968	7,115	81
82	7,115	7,269	7,429	7,596	7,770	7,963	8,144	82
83	8,144	8,345	8,556	8,777	9,010	9,255	9,514	83
84	9,154	9,788	10,078	10,385	10,712	11,059	11,430	84
85	11,430	11,826	12,250	12,706	13,197	13,727	14,301	85
86	14,301	14,924	15,605	16,350	17,169	18,075	19,081	86
87	19,081	20,206	21,470	22,904	24,542	26,432	28,636	87
88	28,636	31,242	34,368	38,189	42,964	49,104	57,290	88
89	57,290	68,750	85,940	114,589	171,885	343,774		89

Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 25761-83. Виды обработки резанием. Термины и определения общих понятий. – Введ. 1984-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1985. – 8 с.

2. ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 1987-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2003. – 60 с.

3. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий. – Введ. 1984-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1990. – 27 с.

4. ГОСТ 25762-83. Обработка резанием. Термины, определения и обозначения общих понятий. – Введ. 1984-07-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 1985. – 45 с.

5. Спицын, И. А. Обработка материалов резанием : учебное пособие / И. А. Спицын, А. А. Орехов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 119 с.

6. Артамонов, Е. И. Материаловедение и технология конструкционных материалов : практикум / Е. И. Артамонов, М. С. Приказчиков, В. В. Шигаева. – Кинель : РИЦ Самарской ГСХА, 2018. – 256 с.

7. Покровский, Б. С. Слесарное дело : учебное пособие / Б. С. Покровский, В. А. Скакун. – 3-е изд., стер. – М. : Академия, 2005. – 320 с.

8. Ташаев, И. А. Обработка наружных цилиндрических и торцевых поверхностей : методические указания к практическим занятиям по курсу «Токарное дело» / И. А. Ташаев. – Оренбург : Оренбургский ГУ, 2013. – 27 с.

9. Кузнецов, В. Г. Обработка металлов резанием : учебное пособие / В. Г. Кузнецов, Ф. А. Гарифуллин, Г. А. Аминова. – Казань : Изд-во КНИТУ, 2015. – 275 с.

Словарь терминов

Рейсмус – инструмент для проведения на заготовке разметочных линий, параллельных выбранной базовой линии, или перенесения размеров с чертежей на заготовку.

Чертилка – разметочное приспособление с твердосплавным наконечником для получения нестираемых меток на всех видах металлических поверхностях для последующей резки, стыковки.

Разметочный циркуль – инструмент для проведения на заготовке разметочных линий: дуг окружностей и деления отрезков и углов на равные части.

Угольники с полкой – чертежный, разметочный и поверочный инструмент для построения и контроля углов.

Крейцмейсель – режущий инструмент, отличается от зубила более узкой режущей кромкой.

Слесарный молоток – ударный инструмент, используемый для забивания либо разбивания разнообразных предметов.

Напильник – многолезвийный инструмент для обработки металлов, дерева, пластмасс и других твёрдых материалов.

Шабрение – окончательная слесарная операция, заключающаяся в соскабливании очень тонких слоев материала с поверхности заготовки с помощью режущего инструмента – шабера.

Установ – часть технологической операции, выполняемой при неизменном закреплении обрабатываемой заготовки.

Профиль резьбы – контур выступа и канавки резьбы в плоскости ее осевого сечения.

Шаг резьбы – это расстояние между двух её выступов (витков профиля), один из важнейших параметров резьбового крепежа.

Алфавитно-предметный указатель

Верстак слесарный 14
Виток (нитка) 84
Вал двухступенчатый 73

Гайка 92

Задняя бабка 60

Инструмент 5

Канавочник 31
Канавка 30
Клин разметочный 22
Кернер 16
Класс точности 86
Коробка подач 60
Колокол 18
Краска 53
Крейцмейсель 31

Линейка масштабная 15

Метчик 93
Молоток слесарный 31

Надфили 42
Напильник 37
- плоский 41
- квадратный 41
- трехгранный 41
- круглый 41
- полукруглый 41
- ромбический 41
- ножовочный 41
- драчевой 41

Патрон самоцентрирующий трехкулачковый 67
Передний угол 29
Передняя бабка 60
Переход технологический 72
Планшайба 61
Плашкодержатель 88
Плашка 87
- цельная 87
- круглая 87
- накатная 87
- раздвижная (призматическая) 87
Приспособление 59
Прогонка 87
Профиль резьбы 84

Рабочая часть 38
Рашпили 41
Рейсмус 15
Резец 64
- проходной 64
- отрезной 64
- подрезной 64
- расточные 64
- гантельные 64
- фасонные 64
Резьба 83
- однозаходная 85
- многозаходная 85
- внутренняя 86
- наружняя 86
- ручная 86
- машинно-ручная 86
- машинная 86
- метрическая 85
- дюймовая 86
- трубная 86
- метрическая крепежная 85

Станина 60
Суппорт 62

Технологическая операция 72
Технологическое оборудование 72

Угол
- задний 29
- заострения 29

- профиля резьбы 83
- резания 29
Угольник-центроискатель 18
Установ 72
Угловые плиты 21
Угольники с полкой 21
Хвостовик 93
Центроискатель-транспортир 18
Центр упорный вращающийся 66
Чертилка 15
Чистовое опиливание 49
Часть заборная (или режущая) 87
Часть калибрующая 87
Шабер 50
Шабрение 50
Шаг резьбы 84
Шпиндель 60
Штангенрейсмус 15
Штангенциркуль 16
Ящик разметочный

Оглавление

Предисловие..... 3
Организация работы студентов в лаборатории..... 4
Лабораторная работа №1. Безопасность труда на рабочем месте слесаря и токаря..... 5
Лабораторная работа №2. Плоская и объёмная разметка заготовок. 14
Лабораторная работа №3. Рубка металлов по плоскости, под угол.. 28
Лабораторная работа №4. Опиливание плоскости..... 38
Лабораторная работа №5. Шабрение плоскости..... 52
Лабораторная работа №6. Конструкция токарно-винторезного станка и механизмы управления..... 61
Лабораторная работа №7. Цилиндрическое точение деталей, режимы резания..... 74
Лабораторная работа №8. Технологический процесс изготовления болта с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой..... 85
Лабораторная работа №9. Технологический процесс изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком..... 94
Лабораторная работа №10. Кинематические резьбы. Нарезание резьбы резцом на токарно-винторезном станке..... 102
Лабораторная работа №11. Обработка конической поверхности на токарно-винторезном станке..... 112
Приложения..... 121
Рекомендуемая литература..... 130
Словарь терминов..... 131
Алфавитно-предметный указатель..... 132

Учебное издание

Артамонов Евгений Иванович
Шигаева Виктория Владимировна
Ерзамаев Максим Павлович

Основы механической обработки конструкционных материалов

Практикум

Подписано в печать 4.05.2022. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 7,85, печ. л. 8,44.
Тираж 300. Заказ №96.
Отпечатано с готового оригинал-макета
в издательско-библиотечном центре Самарского ГАУ
446442, Самарская область, г. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное
бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Черкашин Н.А., Жильцов С.Н., Шигаева В.В.

Метрология, стандартизация и сертификация

Методические указания для выполнения
расчетно-графической работы

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 601(07)
ББК 34.41
Ч48

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Черкашин Н.А.
Ч48 Метрология, стандартизация и сертификация: методические указания / Черкашин Н.А., Жильцов С.Н., Шигаева В.В., – Кинель: ИБЦ Самарского ГАУ, 2023 – 90 с.

В издании приведена методика выполнения расчетно-графической работы. Представлены справочные материалы для гладких цилиндрических и типовых соединений и задания по разделам, изложена методика выполнения расчётно-графической работы.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлениям: 35.03.06 Агроинженерия–профессиональное обучение (по отраслям), 23.03.03 –эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Черкашин Н.А., Жильцов С.Н., Шигаева В.В., 2023

Предисловие

Методические указания составлены в соответствии с рабочими программа подготовки бакалавров по направлениям «Агроинженерия», «Профессиональное обучение», «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

В процессе выполнения расчетно-графической работы (РГР) формируются компетенции по владению технологией научного исследования; способность к когнитивной деятельности; развитие профессионально важных и значимых качеств личности будущего специалиста, умение использовать нормативно-правовые документы в своей деятельности.

При оценке уровня выполнения РГР, в соответствии с поставленными целями для данного вида учебной деятельности, контролируются следующие знания, умения, владения:

– основные положения и термины в области стандартизации;

– правила обозначения и методы выбора норм точности на детали в конструкторской и технологической документации;

– выбирать точностные параметры на изготовление типовых деталей машин по таблицам и справочникам Единой системы допусков и посадок (ЕСДП);

– обоснованно выбирать и применять измерительные средства для технических измерений;

– применять количественные методы оценки качества продукции на этапах проектирования эксплуатации и ремонта сельскохозяйственной техники.

Для качественного самостоятельного выполнения расчетно-графической работы по всем темам представлены примеры полного решения типовых технических задач. При анализе всех примеров студент обязан полностью и подробно рассмотреть ход решения, проверить правильность выбора всех цифровых данных, привести эскизы деталей и схемы полей допусков. При вычерчивании эскизов обязательно выдерживать соотношение основных размеров.

Таблицы справочных сведений содержат предельные отклонения, допуски или другие сведения для наиболее распространенных интервалов измерения параметров типовых деталей и их соединений. Справочные таблицы дают полное представление о структуре таблиц в стандартах и построение справочников по допускам и посадкам. Включенные, в методические указания данные, соответствуют действующим стандартам ЕСДП.

Требования к оформлению расчетно-графической работы

Расчётно-графическая работа по дисциплине «Метрология, стандартизация и сертификация» оформляется в виде пояснительной записки. Объём расчетно-графической работы составляет 10 – 12 страниц рукописного текста.

Пояснительную записку выполняют на одной стороне листа формата А4 (210 × 297), строго соблюдая следующие размеры полей страницы: правое – 10 мм, верхнее – 20 мм, левое – 30 мм, нижнее – 25 мм.

Пример оформления титульного листа представлен в приложении 26.

После решения каждой задачи необходимо выполнить чертежи сборочной единицы и деталей для гладкого цилиндрического соединения и соединения с подшипником качения в виде рисунков, без штампов и спецификаций с подрисуночными подписями.

Страницы нумеруются, начиная с титульного листа включая и рисунки. Номер страницы проставляют по центру в нижней части листа. На титульном листе номер страницы не проставляют.

Рисунки и формулы подвергаются сквозной нумерации. Нумерацию формул следует ставить по правому краю страницы, в круглых скобках.

Пример оформления подрисуночной подписи:

Рис. 1. Схема расположения полей допусков сопряжения $\varnothing 20\frac{H7}{g6}$

Шрифт предельных отклонений должен составлять 0,7…0,5 высоты шрифта номинального размера. Простановка предельных отклонений размеров и допусков формы, расположения и шероховатости поверхностей должна сопровождаться чёткостью их нанесения на чертежах.

Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы представлены в приложении (табл. П.1.22–П.1.25.

Работа должна быть выполнена чётко, грамотно, разборчивым подчерком. При невыполнении рассмотренных выше требований, расчётно-графическая работа не рецензируется!

Задание 1. Определение точности геометрических параметров деталей и посадок гладких цилиндрических соединений.

Цель задания. *Научится определять геометрические параметры точности деталей и посадок.*

Основные понятия и определения в системе допусков и посадок ИСО, необходимые для выполнения расчетно – графической работы

Отверстие (D) – термин, условно применяемый для обозначения внутренних элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Вал (d) – термин, условно применяемый для обозначения наружных элементов деталей, включая и нецилиндрические элементы.

Размер – числовое значение линейной величины (диаметра, длины и т.п.) в выбранных единицах измерения. Размеры подразделяют на: *номинальные, предельные и действительные.*

Номинальный размер – размер, проставленный на чертеже и служащий началом отсчета предельных отклонений. Пример: $\varnothing 40^{+0,025}_{+0,009}$; где ∅40 – номинальный размер; +0,025 и +0,009 – верхнее и нижнее предельные отклонения в мм. Для деталей, составляющих соединение номинальный размер является общим. Номинальные размеры, определяющие величину детали, находят расчетом их на прочность и жесткость и округляют по рядам предпочтительных линейных размеров Ra5. Ra10 и т. д., как правило в большую сторону.

Действительный размер – это размер, полученный в результате измерения с допускаемой погрешностью.

Предельные размеры определяются как номинальный размер плюс предельные отклонения. Предельные отклонения могут быть положительными, отрицательными и равными нулю. В данном примере наибольший предельный размер (max) 40,025 мм и наименьший предельный размер (min) 40,009 мм. В этих пределах должны находиться действительные размеры годных деталей.

Одно из предельных отклонений называют **основным**, ближайшим от номинального размера.

Установлено 27 основных отклонений отверстий и 27 основных отклонений валов.

Основное отклонение – одно из двух предельных отклонений (ES, es – верхнее или EI, ei – нижнее), определяющее положение поля допуска относительно нулевой линии. Например: для букв A B C D E F G H – основным отклонением является нижнее *EI* отклонение, а для букв a b c d e f g h – основным отклонением является верхнее *es* отклонение.

Одно из предельных отклонений называют **основным**, ближайшим от номинального размера. Для размера: $\varnothing 40^{-0,009}_{-0,025}$ основное отклонение равно – 0,009 мм.

Второе предельное отклонение получают путём прибавления допуска размера к основному отклонению. При этом знак отклонения может быть, как положительным, так и отрицательным.

Основное отклонение обозначают буквами латинского алфавита: заглавными для отверстий, строчными – для валов. Они определяют характер соединения деталей (посадку): с зазором, натягом переходные, например

Таблица 1

A B C D E F G H отверстия a b c d e f g h валы	для посадок с зазором
Js K M N отверстия js k m n валы	для переходных посадок
P R S T U V X Y Z отверстия p r s t u v x y z валы	для посадок с натягом

Схема расположения основных отклонений с указанием квалитетов, в которых рекомендуется их применять, для размеров до 500 мм приведена на рис. 1. *Затемненная область относится к отверстиям. Схема показана в сокращении.*

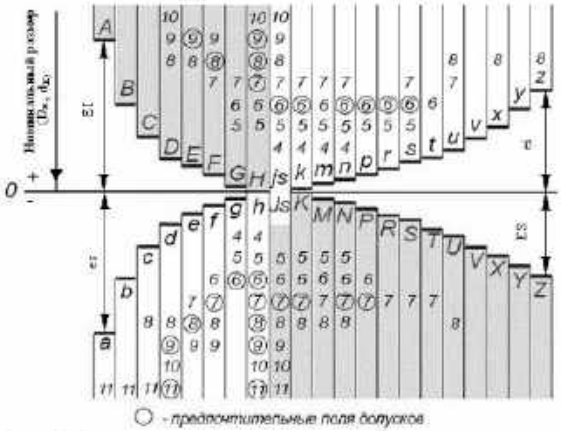


Рис. 1. Схема расположение полей допусков.

Второе предельное отклонение обозначается числом 01, 0, 1, 2, ...18. это число показывает номер квалитета.

Допуск (Т) размера – разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами или абсолютная алгебраическая разность между верхним и нижним отклонениями. Пример: Т = 40,025 – 40,009 = 0,016 мм.

Допуск (Т) размера величина всегда положительная. Он определяет величину допустимого рассеяния действительных размеров годных деталей в партии, т.е. заданную точность изготовления. С увеличением допуска качество изделий ухудшается, но стоимость их изготовления при этом уменьшается.

Величина допуска *T* определяет точность изготовления размера и задается квалитетами или предельными отклонениями.

Для упрощения допуски изображают в виде полей допусков.

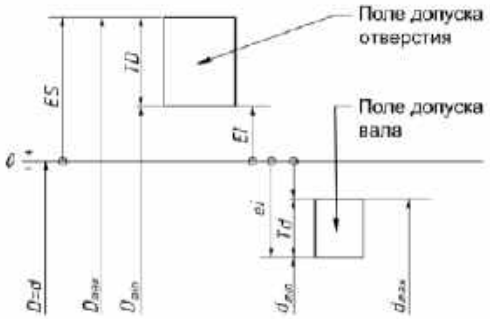


Рис. 2. Графическое изображение полей допусков

Полем допуска называют интервал значений размеров, ограниченный предельными размерами, или же поле допуска определяется верхним и нижним предельными отклонениями. На схеме поле допуска условно обозначают в виде прямоугольника(рис.2) верхняя и нижняя стороны которого соответствуют верхнему и нижнему предельным отклонениям. Предельные отклонения откладывают по вертикали в определенном масштабе от линии, условно соответствующей номинальному размеру, которая называется нулевой линией. Ее обозначают 0 – 0. Положительные отклонения откладывают вверх от нее, отрицательные – вниз.

Квалитет – совокупность допусков, характеризуемый постоянной относительной точностью для всех номинальных размеров данного диапазона.

Для посадочных размеров применяются квалитеты с 4 по 12, а для несопрягаемых – с 13 по 18.

Сочетание основного отклонения с номером квалитета образует поле допуска. Пример: H7, F7, K7, R7 – поля допусков отверстий; h6, f6, k6, r6 – поля допусков валов.

Посадка – характер соединения двух деталей, определяемый разностью их размеров до сборки.

Сочетание поля допуска отверстия с полем допуска вала образуют посадку Посадка записывается в виде дроби:

$$\varnothing 4\frac{H8^{(+0,018)}}{n7^{\left(\begin{smallmatrix}+0,020\\+0,008\end{smallmatrix}\right)}}.$$

В числителе записывают значения предельных отклонений для отверстия, в знаменателе значения для вала.

Посадки образуются в системе отверстия или в системе вала, то есть: $\varnothing_{40}\frac{H7}{g7}$ - посадка с зазором в системе отверстия, $\varnothing 40\frac{F7}{h7}$ - посадка с зазором в системе вала.

Посадки в системе отверстия – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков валов с полем допуска основного отверстия ***H***.

Посадки в системе вала – посадки, в которых требуемые зазоры и натяги получаются сочетанием различных полей допусков отверстий с полем допуска основного вала ***h***.

Основное отклонение «Н» принято за систему отверстия, нижнее отклонение для основного отверстия всегда равно нулю Пример: $\varnothing 40H7^{(+0,025)}$. Здесь нуль не пишется.

Основное отклонение «*h*» принято за систему вала, верхнее отклонение для такого вала равно нулю, независимо от размера и номера квалитета. Пример: $\varnothing 40h7_{(-0,025)}$.

Преимущественное применение получила система отверстия. Применение системы вала обязательно для такого типа деталей как палец поршневой, ось качения и цапфа шасси трактора ДТ75М и ТВ200, валик коромысел и т.п. Наружное кольцо подшипника качения задается в системе вала.

Посадка с зазором – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. В посадке с зазором рассчитывают максимальный зазор и минимальный зазор.

Посадка с натягом – посадка, при которой всегда образуется зазор в соединении, т.е. наименьший предельный размер отверстия больше наибольшего предельного размера вала или равен ему. В переходной посадка, рассчитывают максимальный натяг и минимальный натяг

Переходная посадка – посадка, при которой возможно получение, как зазора, так и натяга в соединении, в зависимости от действительных

размеров отверстия и вала. В переходной посадка, рассчитывают максимальный зазор и максимальный натяг

Точность обработки определяют также допуски формы, расположения и шероховатости поверхностей, которые проставляются на чертежах деталей.

Допуски формы и расположения поверхностей задаются по степени точности с 1 по 16. Степень точности формы и расположения поверхностей принимаются на единицу меньше номера квалитета. Пример: для отверстия H7 и вала h7 – степень точности принимают шестую и для допуска формы, и для расположения поверхностей.

Основные обозначения в системе допусков и посадок (ГОСТ 25347-82):

$\mathbf{D_H}$ – номинальный размер отверстия;

$\mathbf{D_{max}}$ – максимальный размер отверстия;

$\mathbf{D_{min}}$ – минимальный размер отверстия;

$\mathbf{d_{max}}$ – максимальный размер вала;

$\mathbf{d_{min}}$ – минимальный размер вала;

ES, es – верхнее предельное отклонение отверстия и вала;

EI, ei – нижнее предельное отклонение отверстия и вала;

$\mathbf{S_{max}}$, $\mathbf{S_{min}}$, $\mathbf{S_c}$ – максимальный, минимальный и средний зазоры, соответственно;

$\mathbf{N_{max}}$, $\mathbf{N_{min}}$, $\mathbf{N_c}$ – максимальный, минимальный и средний натяги, соответственно;

$\mathbf{T_D}$ – допуск отверстия;

$\mathbf{T_d}$ – допуск вала;

$\mathbf{T_S}$ – допуск зазора;

$\mathbf{T_N}$ – допуск натяга;

IT1, IT2…IT18 – допуск размера по соответствующему квалитету.

Задание 1. По заданным номинальному диаметру, и полю допуска отверстия и вала определить геометрические параметры точности деталей и посадок. Выбрать универсальные измерительные средства контроля.

Задание выполняется в следующем порядке:

1. Определить систему, в которой заданы размеры детали, квалитет и посадку.

2. Определить предельные отклонения отверстия и вала; рассчитать предельные размеры, допуски вала и отверстия, зазоры, допуск посадки.

3. Рассчитать предельные размеры отверстия.

4. Рассчитать предельные размеры вала.

5. Определить допуски отверстия.

6. Рассчитать зазоры или натяги посадки.

7. Определить шероховатость поверхности.

8. Определить допуски формы и расположения сопрягаемых поверхностей.

9. Определить метод обработки деталей.

10. Выбрать универсальные средства измерения с учетом точности контролируемого параметра.

11. Построить схему расположения полей допусков деталей.

12. Выполнить эскизы деталей (сборочный и деталировочный).

Пример расчета задания

Дано: номинальный диаметр ∅20 мм, поле допуска отверстия – H7, поле допуска вала – g6.

1) Определяем систему, в которой заданы размеры детали, квалитет и посадку.

В связи с тем, что основное отклонение «H» относится к отверстию (в числителе), то заключаем, что посадка выполнена в системе отверстия. При этом отверстие выполнено по 7 квалитету, а вал – по 6 квалитету. По основному отклонению вала «g» определяем, что посадка выполнена с зазором:

$$\varnothing 20\frac{H7}{g6}.$$

2) По таблицам П.1.2–П.1.9 приложения, определяем предельные отклонения отверстия и вала.

Отверстие: $\varnothing 20\text{H}7^{(-0,021)}$; вал $\varnothing 20g6\left(^{-0,007}_{-0,020}\right)$.

Все размеры деталей и посадки определяются с точностью до 0,00 мм.

3) Определяем предельные размеры отверстия

$$D_{\max} = D_H + ES; \qquad (1.1)$$

$$D_{\min} = D_H + EJ; \qquad (1.2)$$

$$D_{\max} = 20 + 0{,}021 = 20{,}021 \text{ мм}$$

$$D_{\min} = 20 + 0 = 20 \text{ мм}$$

4) Определяем предельные размеры вала

$$d_{\max} = d_H + es; \qquad (1.3)$$

$$d_{\min} = d_H + ei; \qquad (1.4)$$

$$d_{\max} = 20 + (-0{,}007) = 19{,}993 \text{ мм}$$

$$\mathrm{d}_{\min} = 20 + (-0{,}020) = 19{,}98 \text{ мм}$$

5) Определяем допуски отверстия и вала

$$T_D = D_{\max} - D_{\min} \quad \text{или} \quad T_D = ES - EI \qquad (1.5)$$

$$T_d = d_{\max} - d_{\min} \quad \text{или} \quad T_d = es - ei \qquad (1.6)$$

$$T_D = 20{,}021 - 20 = 0{,}021 \text{ мм}$$

$$T_d = 19{,}997 - 19{,}980 = 0{,}013 \text{ мм}$$

6) Определяем зазоры посадки

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei > 0 \qquad (1.7)$$

$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = EI - es > 0 \qquad (1.8)$$

$$S_c = \frac{S_{max} + S_{min}}{2} \qquad (1.9)$$

$$T_S = S_{max} - S_{min}, \text{ или} \qquad (1.10)$$

$$T_S = T_D + T_d \qquad (1.11)$$

$$S_{max} = 20{,}021 - 19{,}98 = 0{,}041 \text{ мм} > 0$$

$$S_{max} = 20 - 19{,}993 = 0{,}007 \text{ мм} > 0$$

$$S_c = \frac{0{,}041 + 0{,}007}{2} = 0{,}024 \text{ мм}$$

$$T_S = 0{,}041 - 0{,}007 = 0{,}034 \text{ мм}$$

Если посадка с натягом, определяют параметры натягов по формулам:

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI > 0 \qquad (1.12)$$

$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES > 0 \qquad (1.13)$$

$$N_C = \frac{N_{max} + N_{min}}{2} \qquad (1.14)$$

$$T_N = N_{max} - N_{min}, \text{ или} \qquad (1.15)$$

$$T_N = T_D - T_d \qquad (1.16)$$

Если переходная посадка, определяют максимальный зазор и максимальный натяг:

$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = ES - ei > 0 \qquad (1.17)$$

$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI > 0 \qquad (1.18)$$

Допуск переходной посадки (T_n) можно определить по формуле:

$$T_n = S_{max} + N_{max}, \quad \text{или} \quad T_n = T_D + T_d \qquad (1.19)$$

Зазоры или натяги получают при соединении деталей, и точность их сопряжения зависит от точности изготовления размеров сопрягаемых поверхностей деталей.

7) Определяем шероховатость поверхности:

$$R_a = 0{,}05 T_{D(d)} \qquad (1.20)$$

где R_a – среднее арифметическое отклонение профиля поверхности, мкм (единственный размер, который на чертеже проставляется в мкм).

$$R_{aD} = 0{,}05 \cdot 21 = 1{,}05 \ мм$$

$$R_{ad} = 0{,}05 \cdot 13 = 0{,}65 \ мм$$

По таблице П.1.10 приложения принимаем рекомендуемое (ближайшее меньшее) значение шероховатости, отсюда получаем:

$$R_{aD} = 1 \ мкм; \ R_{ad} = 0{,}63 \ мкм.$$

8) Определяем допуски формы и расположения сопрягаемых поверхностей.

Допуски формы и расположения поверхностей выбираются по степени точности в зависимости от номера квалитета. Степень точности принимается на единицу меньше данного квалитета.

Для отверстия $T_{\phi D}$ и T_{pacD} по 6 степени точности, а для вала $T_{\phi d}$ и T_{pacd} по 5, по таблице П.1.13 и П.1.15 приложения, соответственно получаем:

$$T_{\phi D} = 0{,}006 \ мм; T_{\phi d} = 0{,}004 \ мм,$$

$$T_{pacD} = 0{,}020 \ мм; T_{pacd} = 0{,}012 \ мм.$$

Все геометрические параметры точности обработки проставляются на сопрягаемых поверхностях деталей соединения.

9) Определяем метод обработки деталей.

Вид обработки определяем исходя из точностных характеристик (квалитет и шероховатость) поверхностей, по таблице П.1.11 приложения.

Отверстие – чистовое растачивание, экономический квалитет – 7, достижимый квалитет – 6.

Вал – чистовое обтачивание продольной подачей, экономические квалитеты: 7– 9; достижимый квалитет – 6.

10) Выбор универсальных средств измерения производится с учетом метрологических, конструктивных и экономических факторов.

При выборе средств измерения по точности должно соблюдаться следующее условие:

$$\Delta \lim \leq \delta_{изм} \qquad (1.21)$$

где $\Delta \lim$ – предельная погрешность средства измерения (СИ);

$\delta_{изм}$ – предельная погрешность измерения, которая включает погрешности СИ, силовые и температурные деформации и другие погрешности, возникающие в процессе измерения.

Погрешность измерения составляет часть допуска размера и может быть определена по формуле:

$$\delta_{изм} = 0{,}2 ..... 0{,}33 T_{D(d)}, \qquad (1.22)$$

где $T_{D(d)}$ – допуск отверстия или вала соответственно.

$\delta_{изм\ d}$ = 0,003 мм, Δlim_d = 0,003 мм – пружинная головка (микрокатор) 5ИПГ;

$\delta_{изм\ d}$ = 0,005 мм, Δlim_d = 0,005 мм – индикаторный нутромер.

Погрешности средств измерения приводятся в таблице П.1.17 приложения.

Полученные данные по выбору средств измерения представляем в виде таблицы 2.

Таблица 2

Параметры средств измерения

Измеряемый размер	Величина допуска Т, мм	Предельная погрешность измерения $\delta_{изм}$, мм	Предельная погрешность СИ $\pm\Delta$ lim, мм	Наименования СИ, ГОСТ
Отверстие $\varnothing 20H7^{(+0,021)}$	0,021	0,005	0,005	Индикаторный нутромер ГОСТ 868-72
Вал $\varnothing 206g\left(^{-0,007}_{-0,020}\right)$	0,013	0,003	0,003	Пружинная головка (микрокатор) 5ИПГ ГОСТ 6933-81

11. Строим схему расположения полей допусков деталей сопряжения $\varnothing 20\frac{H7}{g6}$ (рис..3)

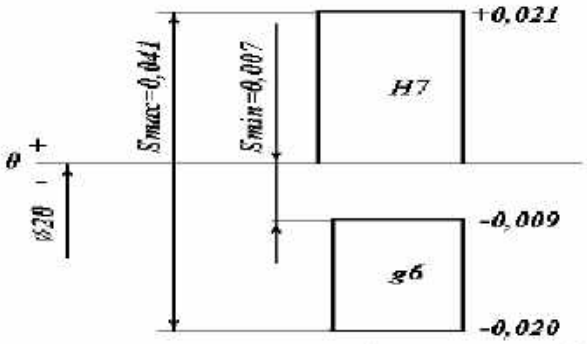


Рис. 3. Схема расположения полей допусков деталей сопряжения $\varnothing 20\frac{H7}{g6}$

12. Выполняем эскизы деталей сборочный и деталировочные(Рис.4,5).

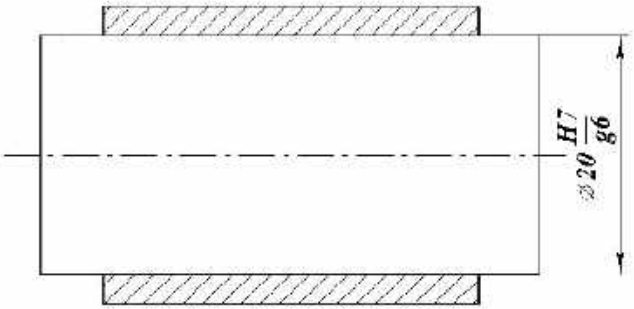
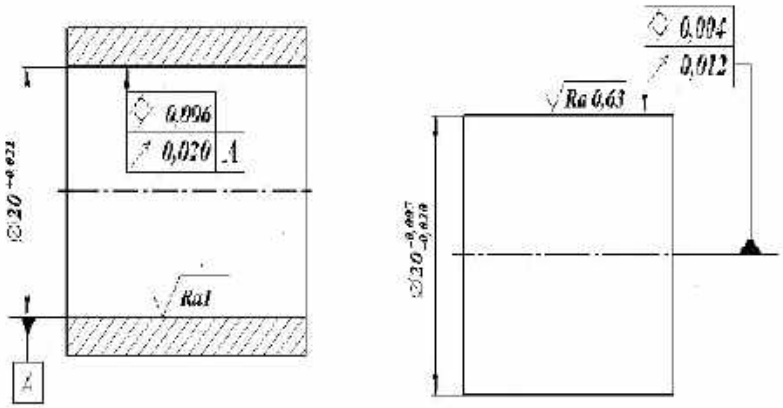


Рис. 4. Сборочный чертеж



а) б)

Рис. 5. Деталировочные чертежи:
а – отверстие; б – вал

Контрольные вопросы

1. Как определяется система в которой задано сопряжение?
2. Как определяется предельные размеры деталей?
3. Как определяется допуски размеров?
4. Как определяется величины зазоров и натягов сопряжений?
5. Как определяется величина шероховатости?
6. Как определяется допуск формы и расположения?
7. Как выбираются универсальные измерительные средства контроля?

Задание 2. Расчет и выбор посадок подшипников качения на вал и в корпус

Цель задания. Научиться рассчитывать и выбирать посадки подшипников качения на вал и в корпус, допуски размеров, формы, расположения и шероховатость поверхности деталей.

Подшипники качения – это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения.

Подшипники качения – распространенные стандартные сборочные единицы, обладающие полной внешней взаимозаменяемостью и неполной внутренней взаимозаменяемостью

Полная взаимозаменяемость подшипника качения осуществляется по присоединительным размерам (рис. 6):

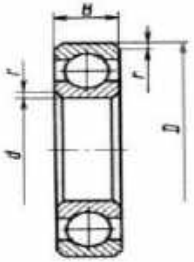


Рис. 6 Присоединительные размеры подшипника

- d – диаметр внутреннего кольца подшипника;
- D – диаметр наружного кольца подшипника;
- B – ширина кольца подшипника.

ГОСТ 520-2011 устанавливает общие технические требования на подшипники качения: допуски на основные размеры (за исключением размеров фасок), точность вращения подшипников, правила приемки, методы контроля, маркировку, упаковку, транспортирование, хранение, указания по применению и эксплуатации, гарантии изготовителя.

Качество подшипников качения определяется: - точностью присоединительных размеров: d, D, B; - точностью формы и взаимного расположения поверхностей колец подшипника; - точностью формы и размеров тел качения, их шероховатостью в одном подшипнике; - точностью вращения, характеризуемой радиальным и осевым биением дорожек качения и торцов колец.

Допуски на присоединительные размеры подшипников качения назначают в зависимости от размера присоединительной поверхности и класса точности.

Допуски на поверхности подшипников качения назначают в соответствии с ГОСТ520-89 по классам точности Р0, Р6, Р5, Р4, Р2, Т. Наибольшее применение получил класс точности Р0 и Р6. Для более точных сопряжений используются классы точности Р5, Р4, а для прецизионных подшипников – Р2 и Т.

В подшипнике качения оба кольца применяют в качестве основных деталей системы допусков. Поле допуска внутреннего диаметра отверстия и наружного диаметра подшипника расположено вниз от нулевой линии. Основное отклонение для подшипников качения обозначается буквами *L, l* (обозначение происходит от немецкого слова der Lager – подшипник).

В сочетании буквы *L* или *l* с цифрой класса точности подшипника получают обозначение для полей допусков присоединительных размеров наружного и внутреннего кольца подшипника

В большинстве узлов машин применяют подшипники «нормального» класса точности, которые обозначаются *L0* или *l0*. Подшипники более высокого класса точности применяют при больших частотах вращения.

Поля допусков присоединительных размеров подшипника качения для внутренней поверхности обозначают *L0*, а для наружной – *ℓ0*.

Посадку для подшипника качения выбирают в зависимости:

- от типа и размера подшипника;
- от режима работы (условий его эксплуатации, величины и характера действующих на него нагрузок);
- от вида нагружения колец.

Различают три основных вида нагружения колец: местное, циркуляционное и колебательное

При вращении вала в неподвижном корпусе внутреннее кольцо и вал испытывают циркуляционное нагружение (за один оборот все участки дорожки качения внутреннего кольца последовательно побывают под нагрузкой), а наружное кольцо испытывает местное нагружение (нагружение воспринимается ограниченным участком дорожки качения).

При вращении корпуса (в корпусе наружное кольцо испытывает циркуляционное нагружение, а внутреннее – местное) Для циркуляционно нагруженных деталей (вала или корпуса) должна быть назначена неподвижная посадка. Поле допуска определяется в зависимости от интенсивности нагружения P_R по формуле:

$$P_R = \frac{R}{b} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \qquad (2.1)$$

где R – радиальная реакция опоры на подшипник, Н;

b – рабочая ширина подшипника, м; b = B – 2r;

b– ширина подшипника, м;

r – радиус закругления или ширина фаски колец подшипника;

K_1 – коэффициент, учитывающий динамичность нагрузки;

K_2 – коэффициент, учитывающий ослабление посадки;

K_3 – коэффициент равномерности распределения нагрузки.

При нагрузке до 150% толстостенного корпуса и однорядного подшипника – принимают: $K_1 = 1$, $K_2 = 1$, $K_3 = 1$. В остальных случаях для выбора коэффициентов пользуются справочной литературой [5].

Корпус в этом случае и наружное кольцо испытывают местное нагружение. Поле допуска корпуса берется из таблицы П19 для местного нагружения в зависимости от размера и конструкции корпуса (разъемный, неразъемный) и класса точности подшипника качения.

Для подшипников качения классов точности Р0, Р6 при вращающемся вале рекомендуются поля допусков валов: js6, k6, m6, n6, используя таблицу П.1.19 допускаемой интенсивности нагружения на посадочную поверхность вала. Поле допуска местного нагружения корпуса определяется по таблице П.1.20. Из числа рекомендуемых: Н7, G7, F7.

Если вращается корпус, то наружное кольцо и корпус испытывают циркуляционное нагружение, для корпуса рекомендуются поля допусков: К7, М7, N7, Р7 по таблице П.1.20 приложения. При этом для местно нагруженного вала рекомендуются поля допусков в зависимости от номинального размера и класса точности подшипника. Для класса точности подшипников Р0, Р6 рекомендуются поля допусков: h6, g6, f6, js6, конкретно поле допуска для местного нагруженного вала выбирается по таблице П.1.21.

Допуски на присоединительные поверхности подшипников качения выбираются по таблице П.1.22 в зависимости от диаметра и класса точности колец подшипников или по справочнику [5].

Для классов точности подшипников Р0, Р6 поля допусков внутреннего кольца – L0, L6; поля допусков для наружного кольца – ℓ0, ℓ6.

Во избежание разрыва колец подшипника выбранную посадку следует проверить по величине максимально допустимого натяга [N], рассчитываемого по формуле:

$$[N] = \frac{11{,}4 \cdot K \cdot d \cdot [\sigma_P]}{(2K - 2) \cdot 10^3}, \qquad (2.2)$$

где $[\sigma_P]$ – допустимое нагружение на растяжение МПа (для подшипников из стали $[\sigma_P] \approx 400$ МПа);

d – внутренний диаметр подшипника, мм;

K – коэффициент, зависящий от серии подшипника:

$K = 2{,}8$ – для легкой серии;

$K = 2{,}3$ – для средней серии;

$K = 2$ – для тяжелой серии.

Максимальный натяг выбранной посадки не должен превышать допустимого натяга:

$$N_{max} \leq [N] \qquad (2.3)$$

Величину табличного зазора или натяга определяют после нахождения предельных отклонений, размеров присоединительных поверхностей вала и отверстий, а также внутреннего и наружного колец подшипников качения по ГОСТ 520-89.

Определяют допуск формы, посадочных поверхностей вала и корпуса, который не должен превышать 0,25 допуска на диаметр в любом сечении. Характеристикой точности формы в этом случае является допуск цилиндричности.

Шероховатость посадочных поверхностей вала и корпуса для классов точности подшипников качения Р0 и Р6 не должны превышать $R_a \leq 1{,}25$ мкм – для корпуса и $R_a \leq 0{,}63$ мкм – для вала. Торцы заплечиков корпуса и вала не должны превышать 2,5 и 1,5 мкм по параметру R_a.

Задание 2. По заданному номеру подшипника, величине радиальной нагрузки и виду нагружения колец подшипника рассчитывать и выбирать посадки подшипников качения на вал и в корпус, допуски размеров, формы, расположения и шероховатость поверхности деталей.

Задание выполняется в следующем порядке:

1. По номеру подшипника определяем его параметры.
2. Рассчитываем интенсивность нагружения.
3. Определяем нагружение колец.
4. Определяем посадку циркуляционно нагруженного кольца.
5. Вычисляем параметры (предельные размеры, допуски, зазоры, натяги, а также шероховатость, допуск формы и допуск биения заплечиков) выбранной посадки.
6. Определяем посадку местно нагруженного кольца.
7. Вычисляем параметры (предельные размеры, допуски, зазоры, натяги, а также шероховатость, допуск формы и допуск биения заплечиков) выбранной посадки.
8. Определяем максимально допустимый натяг циркуляционно нагруженного кольца.
9. Строим схемы полей допусков подшипника качения с валом и корпусом.
10. Выполнить эскизы деталей (сборочный и деталировочные).

Пример расчета задания

Дано: подшипник 208; радиальная нагрузка 20000Н, вращается – вал.

1. По номеру подшипника определяем его параметры согласно таблицы П18.

Нормативные габаритные размеры:

внутреннее кольцо – 40 мм

наружное кольцо – 80 мм

ширина подшипника – 18 мм

радиус закругления – 2 мм

2. Рассчитываем интенсивность нагружения.

$$P_R = \frac{R}{b} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$$

$$P_R = \frac{20000 \cdot 10^{-3}}{(18 - 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3}} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1428,6 \ кН$$

3. Определяем нагружение колец.

Так как вращается вал, то:

внутреннее кольцо – циркуляционно нагружено;

наружное кольцо – местно нагружено.

4. Определяем посадку циркуляционно нагруженного кольца (табл. П.1.19)

В зависимости от интенсивности нагружения и класса точности выбираем посадку: внутреннее кольцо – вал будет:

$$\varnothing 40 \frac{L0_{(-0,012)}}{m6\left(^{+0,025}_{+0,009}\right)}$$

Отклонения для внутреннего кольца подшипника выбираем из таблицы П.1.21 в зависимости от номинального размера и класса точности.

5. Вычисляем параметры (предельные размеры, допуски, зазоры, натяги, а также шероховатость, допуск формы и допуск биения заплечиков) выбранной посадки.

$$D_{max} = D_H + ES = 40 + 0 = 40 \ мм$$
$$D_{min} = D_H + EI = 40 + (-0,012) = 39,988 \ мм$$
$$d_{max} = d_H + es = 40 + 0,025 = 40,025 \ мм$$
$$d_{min} = d_H + ei = 40 + 0,009 = 40,009 \ мм$$
$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI = 0 - (-0,012) = 0,012 \ мм$$
$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei = 0,025 - 0,009 = 0,016 \ мм$$
$$N_{max} = d_{max} - D_{min} = es - EI \ 0,025 - (-0,012) = 0,037 \ мм$$
$$N_{min} = d_{min} - D_{max} = ei - ES = 0,009 - 0 = 0,009 \ мм$$

Для вала определяем шероховатость, допуск формы и допуск биения заплечиков

$$Ra_d = 0{,}05 \cdot 16 = 0{,}8 \text{ мкм} \Rightarrow$$

табличное значение по ГОСТ 2789-73 таблица П.1.10 приложения принимаем $Ra_D = 0{,}8$ *мкм*.

Допуски формы поверхностей выбираются по степени точности в зависимости от номера квалитета, выбираются на единицу меньше номера квалитета. Для вала $T_{Фd}$ по 5 степени точности по ГОСТ 24643-81 по таблице 13 приложения, $T_{Фd} = 0{,}004$ *мм*.

Допуски биения заплечиков определяется по таблице П.1.21 в зависимости от класса подшипника и детали (вал или корпус). Для вала по 0 классу точности $T_{б.запл} = 0{,}020$ *мм*.

6. Определяем посадку местно нагруженного кольца (табл. П.1.20).

$$\varnothing 80 \frac{H7^{(+0{,}030)}}{l0_{(-0{,}013)}}$$

Отклонения для наружного кольца подшипника выбираем из таблицы П.1.21 в зависимости от номинального размера и класса точности.

7. Вычисляем параметры (предельные размеры, допуски, зазоры, натяги, а также шероховатость, допуск формы и допуск биения заплечиков) выбранной посадки.

$$D_{max} = D_H + ES = 80 + 0{,}030 = 80{,}030 \text{ мм}$$
$$D_{min} = D_H + EI = 80 + 0 = 80 \text{ мм}$$
$$d_{max} = d_н + es = 80 + 0 = 80 \text{ мм}$$
$$d_{min} = d_н + ei = 80 + (-0{,}013) = 79{,}987 \text{ мм}$$
$$T_D = D_{max} - D_{min} = ES - EI = 0 - 0{,}03 = 0{,}03 \text{ мм}$$
$$T_d = d_{max} - d_{min} = es - ei = 0 - (-0{,}013) = 0{,}013 \text{ мм}$$
$$S_{max} = D_{max} - d_{min} = 80{,}030 - 79{,}987 = 0{,}043 \text{ мм}$$
$$S_{min} = D_{min} - d_{max} = 80 - 80 = 0 \text{ мм}$$

Для вала определяем шероховатость:

$$Ra_d = 0{,}05 \cdot 30 = 1{,}5 \text{ мкм} \Rightarrow$$

табличное значение по ГОСТ 2789-73 таблица П.1.10 принимаем $Ra_D = 1{,}6$ *мкм*.

Допуски формы поверхностей выбираются по степени точности в зависимости от номера квалитета, выбираются на единицу меньше номера

квалитета. Для отверстия $T_{\Phi D}$ по 6 степени точности по ГОСТ 24643-81 по таблице П.1.13, $T_{\Phi D} = 0{,}008$ *мм*.

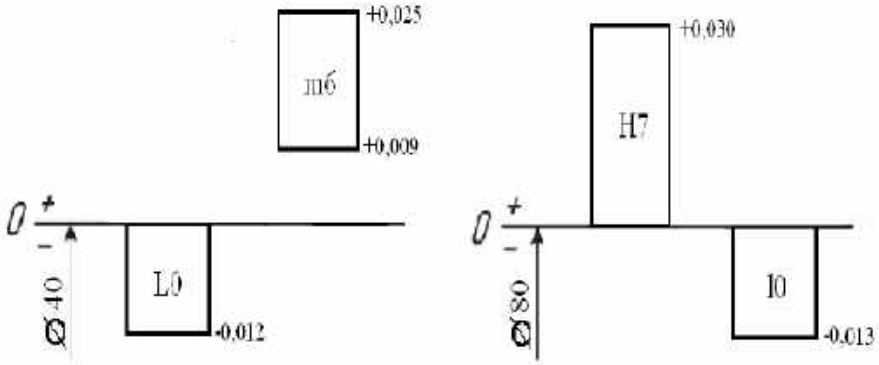
Допуски биения заплечиков определяется по таблице П.1.21 в зависимости от класса подшипника и детали (вал или корпус). Для отверстия по 0 классу точности $T_{б.зап.} = 0{,}040$ *мм*.

8. Определяем максимально допустимый натяг циркуляционно нагруженного кольца

$$[N] = \frac{11{,}4 \cdot K \cdot d \cdot [\sigma_P]}{(2K-2) \cdot 10^3} = \frac{11{,}4 \cdot 2{,}8 \cdot 80 \cdot 400}{(2 \cdot 2{,}8 - 2) \cdot 10^3} = 283{,}7 \text{мкм}$$

$[\sigma_P] \approx 400$ МПа; К = 2,8 – для легкой серии;

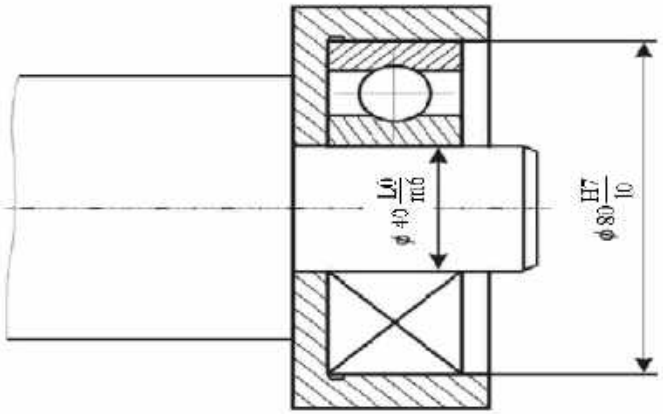
9. Строим схемы полей допусков подшипника качения с валом и корпусом



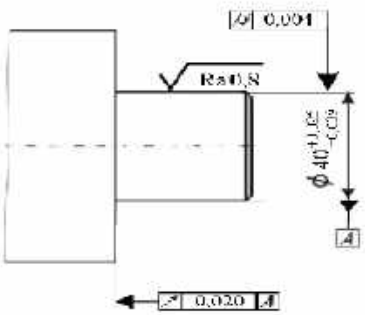
а б

Рис. 7 Схемы полей допусков подшипника качения
а – внутреннее кольцо-вал, б – наружное кольцо-корпус

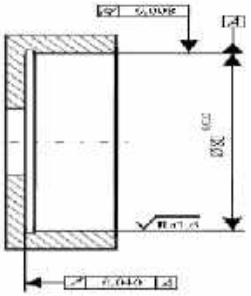
10. Выполняем эскизы деталей (сборочный и деталировочные)



а)



б)



в)

Рис. 8. Чертежи сопряжения деталей с подшипником качения:
а) сборочный; б) вал; в) корпус

Контрольные вопросы

1. Какой вид взаимозаменяемости у присоединительных размеров подшипников?
2. Назвать присоединительные размеры подшипников качения
3. Какие классы точности подшипников качения существуют?
4. Назвать виды нагружения колец подшипников качения
5. Посадку для подшипника качения выбирают в зависимости
6. Какими параметрами определяется качество подшипников качения?
7. От чего зависит выбор посадок для подшипников качения?

Задание 3. Расчет и выбор посадок с натягом

Цель задания. Научиться рассчитывать и обоснованно выбирать посадку для неподвижных соединений не подвергаемых разборке.

Посадки с натягом предназначены для неподвижных неразъемных (или разбираемых в отдельных случаях при ремонте) соединений деталей, как правило, без дополнительного крепления. Иногда для повышения надежности соединения используются шпонки или штифты. Относительная неподвижность деталей при этих посадках достигается за счет напряжений, возникающих в материале сопрягаемых деталей, вследствие действия деформаций их контактных поверхностей. При прочих равных условиях возникающие напряжения пропорциональны натягу. В большинстве случаев посадки с натягом вызывают упругие деформации контактных поверхностей. Однако в ряде посадок с натягом, особенно при относительно больших натягах или в соединении деталей, изготовленных из легких сплавов, возникают упруго - пластические деформации или пластические деформации. При расчетном методе наиболее полно учитываются все факторы, определяющие качество соединения. При одном и том же натяге прочность соединения зависит от материала и размеров деталей, шероховатости сопрягаемых соединений, способа соединения и только на основе предварительных расчетов натягов и возникающих напряжений в соединении возможно обеспечить прочность соединения.

Рассмотрим общий случай расчета посадок с натягом, когда соединение состоит из полого вала и втулки (рис. 8).

Теоретическим началом рассмотрения соединений с натягом считается задача Ламе', названная по имени французского учёного, работавшего в 20-х годах XIX века в Петербургской академии наук. Из задачи Ламе для определения напряжений и перемещений в толстостенных полых цилиндрах известны зависимости:

$$\frac{N}{d_{н.с.}} = p\frac{C_1}{E_1}; \qquad \frac{N}{d_{н.с.}} = p\frac{C_2}{E_2}.$$

Сложив почленно эти два равенства и произведя простое преобразование, получаем:

$$N = p \cdot d_{нс}\left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right]$$

где N – расчетный натяг в соединении;

p –давление на поверхности контакта вала и втулки;

$d_{нс}$ – номинальный диаметр сопрягаемых деталей;

E_1 *и* E_2 – модули упругости материала соединяемых втулки и вала соответственно;

C1 и C2 – коэффициенты жесткости соединяемых втулки и вала соответственно;

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2} - \mu_1 \qquad C_2 = \frac{1+\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2}{1-\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2} + \mu_2$$

где $d_{нс}$, d_1 *и* d_2 – диаметры, указанные на рис.9.

μ_1 *и* μ_2 – коэффициенты Пуассона для материала втулки и вала соответственно.

Расчет посадок с натягом выполняется с целью обеспечить прочность соединения, т.е. исключить смещения сопрягаемых деталей под действием внешней нагрузки и обеспечить целостность формы деталей. Исходя из первого условия, определяется минимальный допустимый натяг[Nmin] , необходимый для восприятия и передачи внешних нагрузок. Исходя из второго условия, определяется максимально допустимый натяг[Nmax].

При расчете посадок с натягом необходимо обеспечить неподвижность соединения при минимально допустимом натяге и прочность деталей при максимально допустимой величине натяга.

Исходя из этого расчет посадок с натягом ведется в следующем порядке:

1. По известным значениям нагрузок (R_{oc}, $M_к$) и размерам соединения ($d_{нс}$, ℓ) определяется требуемое минимальное давление (P_{min}) на контактных поверхностях соединения [6].

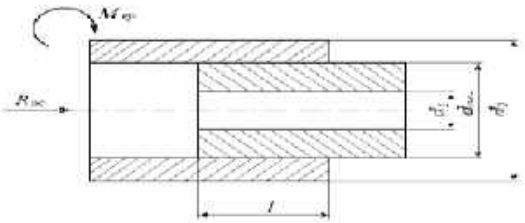


Рис. 9. Обобщенная схема соединения при действии осевой нагрузки и момента крутящего

Под действием крутящего момента $M_к$:

$$[P_{\min}] = \frac{2M_k}{\pi \cdot d_{нс}^2 \cdot \ell \cdot f}. \qquad (3.1)$$

При действии осевой нагрузки $R_{ос}$:

$$[P_{\min}] = \frac{R_{ос}}{\pi \cdot d_{нс} \cdot \ell \cdot f}. \qquad (3.2)$$

При одновременном действии $R_{ос}$ и $M_к$:

$$[P_{\min}] = \frac{\sqrt{R_{ос}^2 + \left(\frac{M_k}{d_{нс}}\right)^2}}{\pi \cdot d_{нс} \cdot \ell \cdot f}, \qquad (3.3)$$

где $R_{ос}$ – продольная осевая сила, стремящаяся двинуть одну деталь относительно другой, Н;

$M_к$ – крутящий момент, стремящий повернуть одну деталь относительно другой, Н· м;

ℓ – длина контакта сопрягаемых поверхностей, м;

f – коэффициент трения при установившемся процессе распрессовки или проворачивания.

Значения приведены в таблице 3.

Таблица 3

Коэффициенты трения сопрягаемых материалов

Материал сопрягаемых деталей	Коэффициент трения
Сталь – сталь	0,06 – 0,13
Сталь – чугун	0,07 – 0,12
Сталь – магниево – алюминевые сплавы	0,03 – 0,05
Сталь – латунь	0,05 – 0,10
Сталь – чугун – бронза	0,15 – 0,20
Сталь – пластмассы	0,15 – 0,25

2. По полученным значениям $P_{\min}$ определяется необходимая величина наименьшего расчетного натяга, м.

$$N'_{\min} = [P_{\min}] \cdot d_{нс} \left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right], \qquad (3.4)$$

где E_1, E_2 – модули упругости материала соответственно охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей в Па (Н/м^2);

C_1, C_2 – коэффициенты Ляме, определяемые по формулам:

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2} - \mu_1; \qquad (3.5)$$

$$C_2 = \frac{1+\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2}{1-\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2} + \mu_2 \qquad (3.6)$$

где d_1, d_2 – диаметр вала (внутренний), отверстия (наружный);

μ_1, μ_2 – коэффициент Пуассона, соответственно для охватываемой и охватывающей деталей.

Значения E, μ; $\sigma_т$ представлены в таблице 4.

Таблица 4

Значения E, μ; $\sigma_т$ для некоторых материалов

Материал	E, Па (Н/м^2)	μ	$\sigma_т$, Па (Н/м^2)
Сталь и стальное литье	$(1{,}96\ldots2)\cdot10^{11}$	0,3	$2{,}94\cdot10^8$
Чугунное литье	$(0{,}74\ldots1{,}05)\cdot10^{11}$	0,25	$2{,}74\cdot10^8$
Бронза	$0{,}84\cdot10^{11}$	0,35	$3{,}92\cdot10^8$
Латунь	$0{,}78\cdot10^{11}$		$3{,}43\cdot10^8$
Пластмассы	$(0{,}005\ldots0{,}35)\cdot10^{11}$	0,38	

3. Определяется натяг минимальный допустимый [N_{min}] с учетом поправок на изменение шероховатости поверхности – $\gamma_ш$ при запрессовке, на различие температур – $\gamma_т$ сборки и рабочей, уменьшение натяга при повторных запрессовках – $\gamma_п$.

$$[N_{\min}] = N'_{\min} + \gamma_ш + \gamma_t + \gamma_n, \qquad (3.7)$$

$$\gamma_ш = 5(R_{aD} + R_{ad}), \qquad (3.8)$$

где R_{aD}, R_{ad} – среднее арифметическое отклонение профиля поверхностей отверстия и вала.

Поправку на возможные перепрессовки можно принять $\gamma_п = 5\ldots10$ мкм. Для сопряжений, не подвергаемых перепрессовке $\gamma_п = 0$.

$\gamma_т$ – поправка, учитывающая разницу рабочей температуры и температуры сборки. При $t_р = t_{сб}$, $\gamma_т = 0$.

4. На основе теории наибольших касательных напряжений определяется максимальное удельное давление [P_{max}], при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей.

В качестве [P_{max}] берется наименьшее из двух значений.

$$P_1 = 0{,}58\sigma\tau_1\left[1-\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2\right], \qquad (3.8)$$

$$P_2 = 0{,}58\sigma\tau_2\left[1-\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2\right], \qquad (3.9)$$

где $\sigma\tau_1$ и $\sigma\tau_2$ – предел текучести материала охватываемой и охватывающей деталей (табл. 4).

5. Определяется величина наибольшегоо расчетного натяга, м

$$N'_{max} = [P_{max}]\cdot\left(\frac{C_1}{E_1}+\frac{C_2}{E_2}\right)\cdot d_{нс}. \qquad (3.10)$$

6. Определяется максимальная допустимая величина натяга с учетом увеличения давления на торце отверстия, шероховатости и разности температур:

$$[N_{max}] = N'_{max}\cdot\gamma_{уд}+\gamma_{ш}+\gamma_t, \qquad (3.11)$$

где $\gamma_{уд}$ – коэффициент, учитывающий увеличение удельного давления у торцов охватывающей детали. Данное значение определяют по графику (рис. 9) в зависимости от соотношений: $\ell/d_{нс}$ и $d/d_{нс}$.

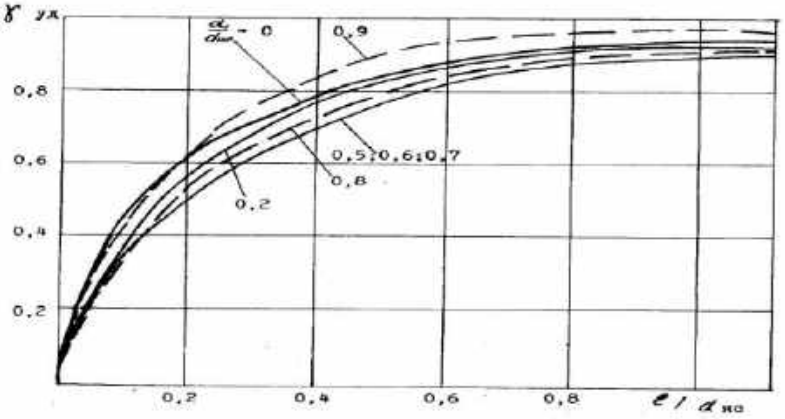


Рис. 9. Зависимость удельного давления $\gamma_{уд}$ торца охватывающей детали от соотношения $\ell/d_{нс}$

7. Выбирается посадка по допустимым величинам натяга: $[N_{min}]$ и $[N_{max}]$, по справочной литературе [1, 3] или таблицы 5.

При выборе посадок по таблицам допусков необходимо соблюдать следующие условия:

$$N_{max} \le [N_{max}],$$
$$N_{min} \ge [N_{min}]. \qquad (3.12)$$

Таблица 5

Предельные натяги в посадках с натягом при размерах от 1 до 315мм

Номинальные размеры мм	Посадка в системе отверстия							
	$\frac{H5}{n4}$	$\frac{H6}{p5}$	$\frac{H6}{r5}$	$\frac{H6}{s5}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$	$\frac{H7}{s7}$
	Посадки в системе вала							
	$\frac{N5}{h4}$	$\frac{P6}{h5}$	-	-	$\frac{P7}{h6}$	$\frac{R7}{h6}$	$\frac{S7}{h6}$	-
	Предельные натяги $\frac{N\max}{N\min}$, мкм							
Св.6 до 10	14 4	21 6	25 10	29 14	24 0	28 4	32 8	38 8
Св.10 до 18	17 4	26 7	31 12	36 17	29 0	34 5	39 10	46 10
Св.18 до 30	21 6	31 9	37 15	44 22	35 1	41 7	48 14	56 14
Св.30 до 50	24 6	37 10	45 18	54 27	42 1	50 9	59 18	68 18
Св.50 до 65	28 7	45 13	54 22	66 34	51 2	60 11	72 23	83 23
Св.65 до 80	28 7	45 13	56 24	72 40	51 2	62 13	78 29	89 29
Св.80 до100	33 8	52 15	66 29	86 49	59 49	73 16	93 36	106 36
Св.100 до120	33 8	52 15	69 32	94 57	59 2	76 19	101 44	114 44
Св.120 до140	39 9	61 18	81 38	110 67	68 3	88 23	117 52	132 52
Св.140 до 160	39 9	61 18	83 40	118 75	68 3	90 25	125 60	140 60
Св.160 до 180	39 9	61 18	86 43	126 83	68 3	93 28	133 68	148 68
Св.180 до 200	45 11	70 21	97 48	142 93	79 4	106 31	151 76	168 76
Св.200 до225	45 11	70 21	100 51	150 101	79 4	109 34	159 84	176 84
Св.225 до 250	45	70	104	160	79	113	169	186

	11	21	55	111	4	38	94	94
Св.250 до 280	50	79	117	181	88	126	190	210
	11	24	62	126	4	42	106	106
Св.280 до 315	50	79	121	193	88	130	202	222
	11	24	66	138	4	46	118	118
Св.315 до 355	55	87	133	215	98	144	226	247
	12	26	72	154	5	5	133	133
Св.355 до 400	55	87	139	233	98	150	244	265
	12	26	78	172	5	57	151	151
Св.400 до 450	60	95	153	259	108	166	272	295
	13	28	86	192	5	63	169	169
Св.450 до 500	60	95	159	279	108	172	292	315
	13	28	92	212	5	69	189	189

Номинальные размеры мм	Посадка в системе отверстия						
	$\frac{H7}{t6}$	$\frac{H7}{u7}$	$\frac{H8}{s7}$	-	$\frac{H8}{u8}$	$\frac{H8}{x8}$	$\frac{H8}{z8}$
	Посадки в системе вала						
	$\frac{T7}{h6}$	-	-	$\frac{U7}{h6}$	-	-	-
	Предельные натяги $\frac{N\max}{N\min}$, мкм						
От1 до 3	-	28	24	32	32	34	40
		8	0	8	4	6	12
Св.3 до 6	-	35	31	41	41	46	53
		11	1	11	5	10	17
Св.6 до 10	-	43	38	50	50	56	64
		13	1	13	6	12	20
Св.10 до 14	-	51	46	60	60	67	77
		15	1	15	6	13	23
Св.14 до 18	-	51	46	60	60	72	87
		15	1	15	6	18	33
Св.18 до 24	-	62	56	74	74	87	106
		20	2	20	8	21	40
Св.24 до 30	54	69	56	81	81	97	121
	20	27	2	27	15	31	55
Св.30 до 40	64	85	68	99	99	119	151
	23	35	4	35	21	41	73
Св.40 до 50	70	95	68	109	109	136	175
	29	45	4	45	31	58	97
Св.50 до 65	85	117	83	133	133	168	218

	36	57	7	57	41	76	126
Св.65 до 80	94	132	89	148	148	192	256
	45	72	13	72	56	100	164
Св.80 до100	113	159	106	178	178	232	312
	56	89	17	89	70	124	204
Св.100 до120	126	179	114	198	198	264	364
	69	109	25	109	90	156	256
Св.120 до140	147	210	132	233	233	311	428
	82	130	29	130	107	185	302
Св.140 до 160	159	230	140	253	253	343	478
	94	150	37	150	127	217	352
Св.160 до 180	171	250	148	273	173	373	528
	106	170	45	170	147	247	402
Св.180 до 200	195	282	168	308	308	422	592
	120	190	50	190	164	278	448
Св.200 до 225	209	304	176	330	330	457	647
	134	212	58	212	186	313	503
Св225 до 250	225	330	186	356	356	497	713
	150	238	68	238	212	353	568
Св.250 до 280	250	367	210	396	396	556	791
	166	263	77	263	234	394	629
Св. 280 до 315	272	402	222	431	431	606	871
	138	298	89	298	269	444	709

8. При несоответствии табличных значений натягов допустимым величинам, рассчитывают вероятностные значения минимального и максимального натягов для выбранной посадки.

$$N^{B}_{\min} = N_c - 0{,}5\sqrt{T_D^2 + T_d^2},$$
$$N^{B}_{\max} = N_c + 0{,}5\sqrt{T_D^2 + T_d^2}. \qquad (3.13)$$

9. Рассчитывается максимальное усилие (Н) при запрессовке собираемых деталей $P_п$:

$$P_п = f_п \cdot P_{max} \cdot \pi \cdot d_{нс} \cdot \ell \qquad (3.14)$$

где $f_п$ – коэффициент трения при запрессовке, $f_п = (1{,}15\ldots1{,}2) \cdot f$

10. Удельное давление при максимальном натяге в посадке определяется по формуле:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - \gamma_i}{d_{нс}\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)}, \qquad (3.15)$$

11. Проверим выбранную посадку по условию прочности, для этого необходимо определить максимальное удельное давление, возникающее при максимальном натяге посадки, а затем определить напряжения на поверхностях втулки и вала

$$\sigma_1 = \frac{1+\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2}{1-\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2} P_{\max}; \sigma_2 = \frac{1+\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2}{1-\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2} P_{\max} \qquad (3.16)$$

где σ_1 и σ_2 – напряжения, возникающие на сопрягаемых поверхностях втулки и вала.

12. Проверяем на прочность выбранную посадку:

$$\sigma_1 \le [\sigma\tau_1]; \sigma_2 \le [\sigma\tau_2]; \qquad (3.17)$$

где $[\sigma\tau_1]$ и $[\sigma\tau_2]$ – предел текучести материалов вала и втулки соответственно..

12. Строим схему полей допусков для рассчитанной и выбранной посадки с натягом.

Задание 3. По заданным геометрическим параметрам соединения, материалу деталей и действующей нагрузке рассчитать и обоснованно выбирать посадку для неподвижных соединений не подвергаемых разборке.

Пример расчета задания

Исходные данные: номинальный диаметр $d_{нс}$ = 14 *мм*; внутренний диаметр вала d_1 = 0; наружный диаметр втулки d_2 = 25 *мм*; длина сопряжения ℓ = 30 *мм*; осевая нагрузка R_{oc} = 80 *Н*; материал вала – БрОЦС; материал отверстия – сталь40.

1. Определяется требуемое минимальное давление (P_{min}) на контактных поверхностях соединения, при действии осевой нагрузки R_{oc}:

$$[P_{\min}] = \frac{R_{oc}}{\pi \cdot d_{нс} \cdot \ell \cdot f},$$

$$[P_{\min}] = \frac{80}{3{,}14 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}2} = 0{,}303 \cdot 10^{6}\ Па\ ,$$

где $R_{ос}$ – продольная осевая сила, стремящаяся двинуть одну деталь относительно другой, Н;

ℓ – длина контакта сопрягаемых поверхностей, м;

$f = 0{,}2$ – коэффициент трения при установившемся процессе для стали и бронзы.

2. По полученным значениям P_{min} определяется необходимая величина наименьшего расчетного натяга, м.

$$N'_{\min} = [P_{\min}] \cdot d_{нс} \left[\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2} \right]$$

где $E_1 = 0{,}84 \cdot 10^{11}$ Па, $E_2 = 2 \cdot 10^{11}$ Па – модули упругости материала соответственно охватываемой (вала) и охватывающей (отверстия) деталей в Па (Н/м^2);

C_1, C_2 – коэффициенты Ляме, определяемые по формулам:

$$C_1 = \frac{1 + \left(\frac{d_1}{d_{нс}} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_1}{d_{нс}} \right)^2} - \mu_1,$$

$$C_2 = \frac{1 + \left(\frac{d_{нс}}{d_2} \right)^2}{1 - \left(\frac{d_{нс}}{d_2} \right)^2} + \mu_2,$$

где d_1, d_2 – диаметр вала (внутренний), отверстия (наружный);

$\mu_1 = 0{,}35$, $\mu_2 = 0{,}3$ – коэффициент Пуассона, соответственно для охватываемой и охватывающей деталей.

$$C_1 = \frac{1+\left(\frac{0}{14}\right)^2}{1-\left(\frac{0}{14}\right)^2} - 0{,}35 = 0{,}65,$$

$$C_2 = \frac{1+\left(\frac{14}{25}\right)^2}{1-\left(\frac{14}{25}\right)^2} + 0{,}3 = 2{,}21,$$

$$N'_{\min} = 0{,}303 \cdot 10^6 \cdot 14 \cdot 10^{-3}\left[\frac{0{,}65}{0{,}84 \cdot 10^{11}} + \frac{2{,}21}{2 \cdot 10^{11}}\right] = 0{,}08 \cdot 10^{-6}\ м.$$

3. Определяем минимальный допустимый натяг $[N_{min}]$ с учетом поправок на изменение шероховатости поверхности – $\gamma_ш$ при запрессовке, на различие температур – $\gamma_т$ сборки и рабочей, уменьшение натяга при повторных запрессовках – $\gamma_п$.

$$[N_{\min}] = N'_{\min} + \gamma_ш + \gamma_t + \gamma_п,$$
$$\gamma_ш = 5(R_{aD} + R_{ad}),$$

где $R_{aD} = 0{,}8$ *мкм*, $R_{ad} = 0{,}4$ *мкм* – среднее арифметическое отклонение профиля поверхностей отверстия и вала (табл. П.1.12, приложения).

$\gamma_п = 5$ *мкм*, $\gamma_т = 0$.

$\gamma_ш = 5(0{,}8 + 0{,}4) = 6{,}0$ *мкм*.

$[N_{min}] = 0{,}08 + 6 + 0 + 5 = 11{,}08$ *мкм*.

4. На основе теории наибольших касательных напряжений определяется максимальное удельное давление $[P_{max}]$, при котором отсутствует пластическая деформация на контактных поверхностях деталей.

В качестве $[P_{max}]$ берется наименьшее из двух значений.

$$P_1 = 0{,}58\sigma\tau_1\left[1-\left(\frac{d_1}{d_{нс}}\right)^2\right],$$

$$P_2 = 0{,}58\sigma\tau_2\left[1-\left(\frac{d_{нс}}{d_2}\right)^2\right],$$

где $\sigma\tau_1 = 3{,}92\cdot10^8$ Па и $\sigma\tau_2 = 2{,}94\cdot10^8$ Па – предел текучести материала охватываемой и охватывающей деталей.

$$P_1 = 0{,}58\cdot3{,}92\cdot10^8\left[1-\left(\frac{0}{14}\right)^2\right] = 2{,}274\cdot10^8\ Па$$

$$P_2 = 0{,}58\cdot2{,}94\cdot10^8\left[1-\left(\frac{14}{25}\right)^2\right] = 1{,}17\cdot10\ \ Па$$

Принимаем $[P_{max}] = 1{,}17 Па$.

5. Определяется величина наибольшего расчетного натяга, м

$$N'_{\max} = [P_{\max}]\cdot\left(\frac{C_1}{E_1}+\frac{C_2}{E_2}\right)\cdot d_{нс}$$

$$N'_{\max} = 1{,}17\cdot10^8\cdot\left(\frac{0{,}65}{0{,}84\cdot10^{11}}+\frac{2{,}21}{2\cdot10^{11}}\right)\cdot14\cdot10^{-3} = 30{,}8\cdot10^{-6}\ м$$

6. Определяется максимальная допустимая величина натяга с учетом увеличения давления на торце отверстия, шероховатости и разности температур:

$$[N_{max}] = N'_{max}\cdot\gamma_{уд}+\gamma_{ш}+\gamma_t$$

где $\gamma_{уд} = 0{,}92$ – коэффициент, учитывающий увеличение удельного давления у торцов охватывающей детали. Принимается по графику (рис.8) в зависимости от соотношений: $\ell/d_{нс} = 2{,}1$ и $d/d_{нс} = 0$.

$$[N_{max}] = 30{,}8\cdot0{,}92+6+0 = 34{,}3 мм$$

7. Выбираем посадку по таблицам допусков, соблюдая следующие условия:

$$N_{\max} \le [N_{\max}]$$
$$N_{\min} \ge [N_{\min}]$$

Этим условиям соответствует посадка:

$$\varnothing 14\frac{R6\left(^{-0,020}_{-0,031}\right)}{h5_{(-0,008)}}$$

N_{max} = 0,031мкм, N_{min} = 0,012мкм, $N_{ср}$ = 0,0215мкм,
T_D=0,011мкм, T_d=0,008мкм

$$N_{\max} = 0,031мкм \le [N_{\max}]$$
$$N_{mm} = 0,012мкм \ge [N_{\min}]$$

8. При несоответствии табличных значений натягов допустимым величинам, рассчитывают вероятностные значения минимального и максимального натягов для выбранной посадки.

$$N^{B}_{\min} = N_c - 0,5\sqrt{T_D^2 + T_d^2}$$
$$N^{B}_{\max} = N_c + 0,5\sqrt{T_D^2 + T_d^2}$$
$$N^{B}_{mm} = 21,5 - 0,5\sqrt{11^2 + 8^2} = 28,3мкм$$
$$N^{B}_{\max} = 21,5 + 0,5\sqrt{11^2 + 8^2} = 14,7мкм$$

9. Рассчитывается максимальное усилие (Н) при запрессовке собираемых деталей $P_п$:

$P_п = f_п \cdot P_{max} \cdot \pi \cdot d_{нс} \cdot \ell$
где $f_п$ – коэффициент трения при запрессовке, $f_п = (1,15…1,2)\cdot f$,
$f_п = 1,2 \cdot 0,2 = 0,24$
$P_п = 0,24 \cdot 0,951 \cdot 10^8 \cdot 3,14 \cdot 14 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 300,97 \cdot 10^2$ Н

10. Удельное давление при максимальном натяге в посадке определяется по формуле:

$$P_{\max} = \frac{N_{\max} - \gamma_ш}{d_{нс}\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right)}$$

$$P_{max} = \frac{(31-6)\cdot 10^{-6}}{14\cdot 10^{-3}\left(\frac{0,65}{0,84\cdot 10^{11}} + \frac{2,21}{2\cdot 10^{11}}\right)} = 0,951\cdot 10^{8}\,Па$$

6.11. Строим схему полей допусков для рассчитанной и выбранной посадки с натягом.

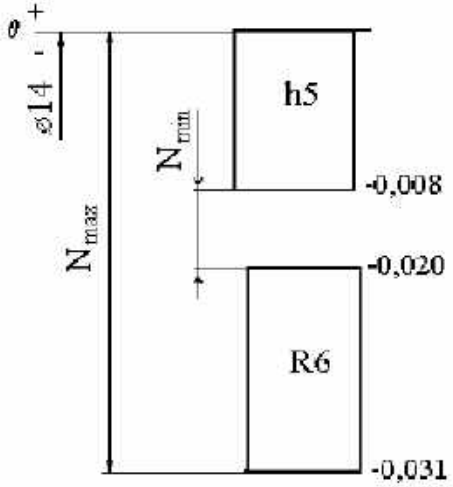


Рис.10. Схемы полей допусков посадки с натягом

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначены посадки с натягом?
2. С какой целью выполняется расчет посадок с натягом?
3. Из какого условия определяется минимальный допустимый натяг?
4. Из какого условия определяет определяется максимально допустимый натяг?
5. За счет чего обеспечивается неподвижность деталей?
6. Какие деформации возникают на контактных поверхностях деталей, собираемых с натягом?

Рекомендуемая литература

1. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. 3-е изд. / Ю. В. Димов. – СПб: Питер, 2013. – 496 с.

2. Метрология. Стандартизация. Сертификация / под ред. В. М. Мишина. – М.: Изд-во ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 495 с.

3. Допуски и посадки: справочник / М. А. Палей, А. В. Романов, В. А. Брагинский. В 2 ч. – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2001. – 543 с.

4. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: // rucont. ru/efd/196184?cldren=0.

5. Подшипники качения: справочник [Электронный ресурс] –Режим доступа: http: // http://www.ideal-tools. ru/sites/default/files/ stat/pk.pdf.

Приложение

Приложение 1
Таблица П.1.1

Допуски размеров (ГОСТ 25346-82)

Номинальные размеры, мм	КВАЛИТЕТЫ																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	ДОПУСКИ, мкм																
До 3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000
Св. 3 до 6	1,0	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200
Св. 6 до 10	1,0	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500
Св. 10 до 18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800
Св. 18 до 30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100
Св. 30 до 50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500
Св. 50 до 80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000
Св. 80 до 120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500
Св. 120 до 180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000
Св. 180 до 250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600
Св. 250 до 315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200

Таблица П.1. 2

Система отверстия. Предельные отклонения основных отверстий при размерах до 315 мм по ГОСТ 25347-82

Номинальные размеры, мм	Поля допусков							
	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EJ}$, мкм							
До 1	+4 0	+6 0	-	-	-	+40 0	-	-
От 1 до 3	+4 0	+6 0	-10 0	+14 0	+25 0	+40 0	+60 0	+100 0
Св. 3 до 6	+5 0	+8 0	+12 0	-18 0	+30 0	+48 0	+75 0	+120 0
Св. 6 до 10	+6 0	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+58 0	+90 0	+150 0
Св. 10 до 18	+8 0	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+70 0	+110 0	+180 0
Св. 18 до 30	+9 0	+13 0	+11 0	+33 0	+52 0	+84 0	+130 0	+210 0
Св. 30 до 50	+11 0	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+100 0	+160 0	+250 0
Св. 50 до 80	+13 0	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+120 0	+190 0	+300 0
Св. 80 до 120	+15 0	+22 0	-35 0	+54 0	+87 0	+140 0	+220 0	+350 0
Св. 120 до 180	+18 0	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+160	+250 0	+400 0
Св. 180 до 250	+20 0	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+185 0	+290 0	+460
Св. 250 до 315	+23 0	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+210 0	+320 0	+520 0
Св. 315 до 400	+27 0	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+250 0	+400 0	+600 0

Таблица П.1.3

Предельные отклонения валов с размерами свыше 3 до 225 мм по ГОСТ 25347-82

Номинальные размеры, мм	Поля допусков валов (предпочтительные)										
	g6	js6	k6	n6	p6	r6	s6	f7	e8	d9	d11
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм										
Св.3...6	-4 -12	+4 -4	+9 +1	+16 +8	+20 +12	+23 +15	+27 +19	-10 -22	-20 -28	-30 -60	-30 -105
Св. 6...10	-5 -14	+4,5 -4,5	+10 +1	+19 +10	+24 +15	+28 +19	+32 +23	-13 -28	-25 -47	-40 -76	-40 -130
Св. 10...18	-6 -17	+5,5 -5,5	+12 +1	+23 +12	+29 +18	+34 +23	+39 +28	-16 -34	-32 -59	-50 -93	-50 -160
Св. 18...30	-7 -20	+6,5 6,5	+15 +2	+28 +15	+35 +22	+41 +28	+48 +35	-20 -41	-40 -73	-65 -117	-65 -195
Св. 30...50	-9 -25	+8,0 -8,0	+18 +2	+33 +17	+42 +26	+50 +34	+59 +43	-25 -50	-50 -89	-80 -142	-80 -240
Св. 50...65	-10 -29	+9,5 -9,5	+21 +2	+39 +20	+51 +32	+60 +41	+72 +53	-30 -60	-60 -105	-100 -174	-100 -290
Св. 65...80	-12 -24	+9,5 -9,5	+21 +2	+29 +20	+51 +32	+62 +43	+78 +59	-30 -60	-60 -105	-100 -174	-100 -290
Св. 80...100	-12 -34	+11,0 -11,0	+25 +3	+45 +23	+59 +37	+73 +51	+93 +71	-36 -71	-72 -126	-120 -207	-120 -340
Св.100... 120	-12 -34	+11,0 -11,0	+25 +3	+25 +23	+29 +37	+76 +54	+101 +79	-36 -71	-72 -126	-120 -207	-120 -340
Св. 120...140	-14 -39	+12,5 -12,5	+28 +3	+52 +27	+68 +43	+88 +63	+117 +92	-43 -83	-85 -148	-145 -254	-145 -395
Св. 140...160	-14 -39	+12,5 -12,5	++28 +3	+52 +27	+68 +43	+90 +65	+125 +100	-83 -83	-85 -148	-145 -245	-145 -395
Св. 160...180	-14 -39	+12,5 -12,5	+28 +3	+52 +27	+68 +43	+93 +68	+133 +108	-43 -83	-85 -148	-145 -245	-145 -395
Св.180...200	-15 -44	+14,5 -14,5	+33 -4	+60 +31	+79 +50	+106 +77	+151 +122	-50 -98	100 -172	-170 -285	-170 -460
Св.200...225	-15 -44	-14,5 -14,5	+33 +4	+60 +31	+79 +50	+109 +80	+159 +130	-50 -96	-100 -172	-170 -285	-170 -460

Продолжение табл. П.1.3

Номинальные размеры, мм	КВАЛИТЕТЫ					Номинальные размеры, мм	КВАЛИТЕТЫ				
	8						8				
	Поля допусков валов						Поля допусков валов				
	c8	d8	e8	f8	h8		c8	d8	e8	f8	h8
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм						Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм				
До 1	–	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	Св. 120 до 140	-200 -263	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63
От 1 до 3	-60 -74	-20 -34	-14 -28	-6 -20	0 -14	Св. 140 до 160	-210 -273	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63
Св. 3 до 6	-70 -88	-30 -48	-20 -38	-10 -28	0 -18	Св. 160 до 180	-230 -293	-145 -208	-85 -148	-43 -106	0 -63
Св. 6 до 10	-80 -102	-40 -62	-25 -47	-13 -35	0 -22	Св. 180 до 200	-240 -312	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72
Св. 10 до 18	-95 -122	-50 -77	-32 -59	-16 -43	0 -27	Св. 200 до 225	-260 -332	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72
Св. 18 до 30	-110 -143	-65 -98	-40 -73	-20 -53	0 -33	Св. 225 до 250	-280 -352	-170 -242	-100 -172	-50 -122	0 -72
Св. 30 до 40	-120 -159	-80 -119	-50 -89	-25 -64	0 -39	Св. 250 до 280	-300 -381	-190 -271	-110 -191	-56 -137	0 -81
Св. 40 до 50	-130 -169	-80 -119	-50 -89	-25 -64	0 -39	Св. 280 до 315	-330 -411	-190 -271	-110 -191	-56 -137	0 -81
Св. 50 до 65	-140 -186	-100 -146	-60 -106	-30 -76	0 -46	Св. 315 до 355	-360 -449	-210 -299	-125 -214	-62 -151	0 -89
Св. 65 до 80	-150 -196	-100 146	-60 -106	-30 -76	0 -46	Св. 355 до 400	-400 -489	-210 -299	-125 -214	-65 -151	0 -89
Св. 80 до 100	-170 -224	-120 -174	-72 -126	-36 -90	0 -54	Св. 400 до 450	-440 -537	-230 -327	-135 -232	-68 -165	0 -97
Св. 100 до 120	-180 -234	-120 -174	-72 -126	-36 -90	0 -54	Св. 450 до 500	-480 -577	-230 -327	-135 -232	-68 -165	0 -97

Продолжение табл. П.1.3

Номинальные размеры, мм	КВАЛИТЕТЫ					
	9				10	
	Поля допусков валов					
	d9	e9	f9	h9	d10	h10
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм					
До 1	-20 -45	-14 -39	-	0 -25	-20 -60	0 -40
От 1 до 3	-20 -45	-14 -39	-6 -31	0 -25	-20 -60	0 -40
Св. 3 до 6	-30 -60	-20 -50	-10 -40	0 -30	-30 -78	0 -48
Св. 6 до 10	-40 -76	-25 -61	-13 -49	0 -36	-40 -98	0 -58
Св. 10 до 18	-50 -93	-32 -75	-16 -59	0 -43	-50 -120	0 -70
Св. 18 до 30	-65 -117	-40 -92	-20 -72	0 -52	-65 -149	0 -84
Св. 30 до 50	-80 -142	-50 -112	-25 -87	0 -62	-80 -180	0 -100
Св. 50 до 80	-100 -174	-60 -134	-30 -104	0 -74	-100 -220	0 -120
Св. 80 до 120	-120 -207	-72 -159	-36 -123	0 -87	-120 -260	0 -140
Св. 120 до 180	-145 -245	-85 -185	-43 -143	0 -100	-145 -305	0 -160
Св. 180 до 250	-170 -285	-100 -215	-50 -165	0 -115	-170 -355	0 -185
Св. 250 до 315	-190 -320	-110 -240	-56 -186	0 -130	-190 -400	0 -210
Св. 315 до 400	-210 -350	-125 -265	-62 -202	0 -140	-210 -440	0 -230
Св. 400 до 500	-230 -385	-135 -290	-68 -223	0 -155	-230 -480	0 -250

Продолжение табл. П.1.3

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Поля допусков валов						
	a11	b11	c11	d11	h11	b12	h12
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм						
До 1	–	–	–	–	0 -60	–	–
От 1 до 3	-270 -330	-140 -200	-60 -120	-20 -80	0 -60	-140 -240	0 -100
Св. 3 до 6	-270 -345	-140 -215	-70 -145	-30 -105	0 -75	-140 -260	0 -120
Св. 6 до 10	-280 -370	-150 -240	-80 -170	-40 -130	0 -90	-150 -300	0 -150
Св. 10 до 18	-290 -400	-150 -260	-95 -205	-50 -160	0 -110	-150 -330	0 -180
Св. 18 до 30	-300 -430	-160 -290	-110 -240	-65 -195	0 -130	-160 -370	0 -210
Св. 30 до 40	-310 -470	-170 -330	-120 -280	-80 -240	0 -160	-170 -420	0 -250
Св. 40 до 50	-320 -480	-180 -340	-130 -290	-80 -240	0 -160	-180 -430	0 -250
Св. 50 до 65	-340 -530	-190 -380	-140 -330	-100 -290	0 -190	-190 -490	0 -300
Св. 65 до 80	-360 -550	-200 -390	-150 -340	-100 -290	0 -190	-200 -500	0 -300
Св. 80 до 100	-380 -600	-220 -440	-170 -390	-120 -340	0 -220	-220 -570	0 -350
Св. 100 до 120	-410 -630	-240 -460	-180 -400	-120 -340	0 -220	-240 -590	0 -350
Св. 120 до 140	-460 -710	-260 -510	-200 -450	-145 -395	0 -250	-260 -660	0 -400
Св. 140 до 160	-520 -770	-280 -530	-210 -460	-145 -395	0 -250	-280 -680	0 -400
Св. 160 до 180	-580 -830	-310 -560	-230 -485	-145 -395	0 -250	-310 -710	0 -400

Окончание табл. П.1.3

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Поля допусков валов						
	a11	b11	d11	h11		b12	h12
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм						
Св. 180 до 200	-660 -950	-340 -630	-240 -530	-170 -460	0 -290	-340 -800	0 -460
Св. 200 до 225	-740 -1030	-380 -670	-260 -550	-170 -460	0 -290	-380 -840	0 -460
Св. 225 до 250	-820 -1110	-420 -710	-280 -570	-170 -460	0 -290	-420 -880	0 -460
Св. 250 до 280	-920 -1240	-480 -800	-300 -620	-190 -510	0 -320	-480 -1000	0 -520
Св. 280 до 315	-1050 -1370	-540 -860	-330 -650	-190 -510	0 -320	-540 -1060	0 -520
Св. 315 до 355	-1200 -1560	-600 -960	-360 -720	-210 -570	0 -360	-600 -1170	0 -570
Св. 355 до 400	-1350 -1710	-680 -1040	-400 -760	-210 -570	0 -360	-680 -1250	0 -570
Св. 400 до 450	-1500 -1900	-760 -1160	-440 -840	-230 -630	0 -400	-760 -1390	0 -630
Св. 450 до 500	-1650 -2050	-840 -1240	-480 -880	-230 -630	0 -400	-840 -1470	0 -630

Примечание [ ] – предпочтительные поля допусков при размерах от 1 до 500 мм; ( ) – дополнительные (ограниченного применения) поля допусков при размерах от 1 до 500 мм. Предельные отклонения основных отверстий см. в таблице П.1.2.

Таблица П.1.4

Система отверстия. Предельные отклонения валов для переходных посадок при размерах до 500 мм (по ГОСТ 25347-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты							
	5				6			
	Поля допусков валов							
	js5	k5	m5	n5	js6	k6	m6	n6
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм							
До 1	+2,0 -2,0	+4 0	+6 +2	+8 +4	+3,0 -3,0	+6 0	–	+10 +4
От 1 до 3	+2,0 -2,0	+4 0	+6 +2	+8 +4	+3,0 -3,0	+6 0	+8 +2	+10 +4
Св. 3 до 6	+2,5 -2,5	+6 +1	+9 +4	+13 +8	+4,0 -4,0	+9 +1	+12 +4	+16 +8
Св. 6 до 10	+3,0 -3,0	+7 +1	+12 +6	+16 +10	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10
Св. 10 до 18	+4,0 -4,0	+9 +1	+15 +7	+20 +12	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+23 +12
Св. 18 до 30	+4,5 -4,5	+11 +2	+17 +8	+24 +15	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15
Св. 30 до 50	+5,5 -5,5	+13 +2	+20 +8	+28 +17	+8,0 -8,0	+18 +2	+25 +9	+33 +17
Св. 50 до 80	+6,5 -6,5	+15 +2	+24 +11	+33 +20	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20
Св. 80 до 120	+7,5 -7,5	+18 +3	+28 +13	+38 +23	+11,0 -11,0	+25 +3	+35 +13	+45 +23
Св. 120 до 180	+9,0 -9,0	+21 +3	+33 +15	+45 +27	+12,5 -12,5	+28 +3	+40 +15	+52 +27
Св. 180 до 250	+10 -10	+24 +4	+37 +17	+51 +31	+14,5 -14,5	+33 +4	+46 +17	+60 +31
Св. 250 до 315	+11,5 -11,5	+27 +4	+43 +20	+57 +34	+16,0 -16,0	+36 +4	+52 +20	+66 +34
Св. 315 до 400	+12,5 -12,5	+29 +4	+46 +21	+62 +37	+18,0 -18,0	+40 +4	+57 +21	+73 +37
Св. 400 до 500	+13,5 -13,5	+32 +5	+50 23	+67 +40	+20,0 -20,0	+45 +5	+63 +23	+80 +40

Окончание табл. П.1.4

Номинальные размеры, мм	Квалитеты					
	7				8	
	Поля допусков валов					
	js7	k7	m7	n7	js8	k8
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм					
До 1	+5 -5	+10 0	–	–	+7 -7	+14 0
От 1 до 3	+5 -5	+10 0	–	+14 +4	–	–
Св. 3 до 6	+6 -6	+13 +1	+16 +4	+20 +8	–	–
Св. 6 до 10	+7 -7	+16 +1	+21 +6	+25 +10	–	–
Св. 10 до 18	+9 -9	+19 +1	+25 +7	+30 +12	–	–
Св. 18 до 30	+10 -10	+23 +2	+29 +8	+36 +15	–	–
Св. 30 до 50	+12 -12	+27 +2	+34 +9	+42 +17	–	–
Св. 50 до 80	+15 -15	+32 +2	+41 +11	+50 +20	–	–
Св. 80 до 120	+17 -17	+38 +3	+48 +13	+58 +23	–	–
Св. 120 до 180	+20 -20	+43 +3	+55 +15	+67 +27	–	–
Св. 180 до 250	+23 -23	+50 +4	+63 +17	+77 +31	–	–
Св. 250 до 315	+26 -26	+56 +4	+72 +20	+86 +34	–	–
Св. 315 до 400	+28 -28	+61 +4	+78 +21	+94 +37	–	–
Св. 400 до 500	+31 -31	+68 +5	+86 +23	+103 +40	–	–

Примечание. ☐ – предпочтительные поля допусков при размерах от 1 до 500 мм.

Таблица П.1.5

Система отверстия. Предельные отклонения валов для посадок с натягом при размерах до 500 мм (по ГОСТ 25347-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5			6			
	Поля допусков валов						
	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм						
До 1	+10 +6	+14 +10	+18 +14	+12 +6	+16 +10	+20 +14	–
От 1 до 3	+10 +6	+14 +10	+18 +14	+12 +6	+16 +10	+20 +14	–
Св. 3 до 6	+17 +12	+20 +15	+24 +19	+20 +12	+23 +15	+27 +19	–
Св. 6 до 10	+21 +15	+25 +19	+29 +23	+24 +15	+28 +19	+32 +23	–
Св. 10 до 14	+26 +18	+31 +23	+36 +28	+29 +18	+34 +23	+39 +28	–
Св. 14 до 18	+26 +18	+31 +23	+36 +28	+29 +18	+34 +23	+39 +28	–
Св. 18 до 24	+31 +22	+37 +28	+44 +35	+35 +22	+41 +28	+48 +35	–
Св. 24 до 30	+31 +22	+37 +28	+44 +35	+35 +22	+41 +28	+48 35	+54 +41
Св. 30 до 40	+37 +26	+45 +34	+54 +43	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+64 +48
Св. 40 до 50	+37 +26	+45 +34	+54 +43	+42 +26	+50 +34	+59 +43	+70 +54
Св. 50 до 65	+45 +32	+54 +41	+66 +53	+51 +32	+60 +41	+72 +53	+85 +66
Св. 65 до 80	+45 +32	+56 +43	+72 +59	+51 +32	+62 +43	+78 +59	+94 +75
Св. 80 до 100	+52 +37	+66 +51	+86 +71	+59 +37	+73 +51	+93 +71	+113 +91

Продолжение табл. П.1.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	5			6			
	Поля допусков валов						
	p5	r5	s5	p6	r6	s6	t6
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм						
Св. 100 до 120	+52 +37	+69 +54	+94 +79	+59 +37	+76 +54	+101 +79	+126 +104
Св. 120 до 140	+61 +43	+81 +63	+110 +92	+68 +43	+88 +63	+117 +92	+147 +122
Св. 140 до 160	+61 +43	+83 +65	+118 +100	+68 +43	+90 +65	+125 +100	+150 +134
Св. 160 до 180	+61 +43	+86 +68	+126 +108	+68 +43	+93 +68	+133 +108	+171 +146
Св. 180 до 200	+70 +50	+97 +77	+142 +122	+79 +50	+106 +77	+151 +122	+195 +166
Св. 200 до 225	+70 +50	+100 +80	+150 +130	+79 +50	+109 +80	+159 +130	+209 +180
Св. 255 до 250	+70 +50	+104 +84	+160 +140	+79 +50	+113 +84	+169 +140	+225 +196
Св. 250 до 280	+79 +56	+117 +94	+181 +158	+88 +56	+126 +94	+190 +158	+250 +218
Св. 280 до 315	+79 +56	+121 +98	+193 +170	+88 +56	+130 +98	+202 +170	+272 +240
Св. 315 до 355	+87 +62	+133 +108	+215 +190	+98 +62	+144 +108	+226 +190	+304 +268
Св. 355 до 400	+87 +62	+139 +114	+233 +208	+98 +62	+150 +114	+244 +208	+330 +294
Св. 400 до 450	+95 +68	+153 +126	+259 +232	+108 +68	+166 +126	+272 +232	+370 +330
Св. 450 до 500	+95 +68	+159 +132	+279 +252	+108 +68	+172 +132	+292 +252	+400 +360

Продолжение табл. П.1.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты				
	7		8		
	Поля допусков валов				
	s7	u7	u8	x8	z8
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм				
От 1 до 3	+24 +14	+28 +18	+32 +18	+34 +20	+40 +26
Св. 3 до 6	+31 +19	+35 +23	+41 +23	+46 +28	+53 +35
Св. 6 до 10	+38 +23	+43 +28	+50 +28	+56 +34	+64 +142
Св. 10 до 14	+46 +28	+51 +33	+60 +33	+67 +40	+77 +50
Св. 14 до 18	+46 +28	+51 +33	+60 +33	+72 +46	+87 +60
Св. 18 до 24	+56 +35	+62 +41	+74 +41	+87 +54	+106 +73
Св. 24 до 30	+56 +35	+69 +48	+81 +48	+97 +64	+121 +88
Св. 30 до 40	+68 +43	+85 +60	+99 +60	+119 +80	+151 +112
Св. 40 до 50	+68 +43	+95 +70	+109 +70	+136 +97	+175 +136
Св. 50 до 65	+83 +53	+117 +87	+133 +87	+168 +122	+218 +172
Св. 65 до 80	+89 +59	+132 +102	+148 +102	+192 +146	+256 +210
Св. 80 до 100	+106 +71	+159 +124	+178 +124	+232 +178	+312 +258

Окончание табл. П.1.5

Номинальные размеры, мм	Квалитеты				
	7		8		
	Поля допусков валов				
	s7	u7	u8	x8	z8
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм				
Св. 100 до 120	+114 +79	+179 +144	+198 +144	+264 +210	+364 +310
Св. 120 до 140	+132 +92	+210 +170	+233 +170	+311 +248	+428 +365
Св. 140 до 160	+140 +100	+230 +190	+253 +190	+343 +280	+478 +415
Св. 160 до 180	+148 +108	+250 +210	+273 +210	+373 +310	+528 +465
Св. 180 до 200	+168 +122	+292 +236	+308 +236	+422 +350	+592 +520
Св. 200 до225	+176 +130	+304 +258	+330 +258	+457 +585	+647 +575
Св. 225 до 250	+186 +140	+330 +284	+356 +284	+497 +425	+712 +640
Св. 250 до 280	+210 +158	+367 +315	+396 +315	+556 +475	+791 +710
Св. 280 до 315	+222 +170	+402 +350	+431 +350	+606 +525	+871 +790
Св. 315 до 355	+247 +190	+447 +390	+479 +390	+679 +590	+989 +900
Св. 355 до 400	+265 +208	+492 +435	+524 +435	+749 +660	+1089 +1000
Св. 400 до 450	+295 +232	+553 +490	+587 +490	+837 +740	+1197 +1100
Св. 450 до 500	+315 +252	+603 +540	+637 +540	+917 +820	+1347 +1250

Примечание ☐ – предпочтительные поля допусков при размерах от 1 до 500 мм.

Предельные отклонения основных отверстий см. в таблице П.1.2

Таблица П.1.6

Система вала. Предельные отклонения основных валов при размерах от 1 до 315 мм по ГОСТ 25347-82

Номинальные размеры, мм	Поля допусков								
	h4	h5	h6	h7	h8	h9	h10	h11	h12
	Предельные отклонения $\frac{es}{ei}$, мкм								
От 1 до 3	0 -3	0 -4	0 -6	0 -10	0 -14	0 -25	0 -40	0 -40	0 -100
Св. 3 до 6	0 -4	0 -5	0 -8	0 -12	0 -18	0 -30	0 -48	0 -48	0 -120
Св. 6 до 10	0 -4	0 -6	0 -9	0 -15	0 -22	0 -36	0 -58	0 -58	0 -150
Св. 10 до 18	0 -5	0 -8	0 -11	0 -18	0 -27	0 -43	0 -70	0 -70	0 -180
Св. 18 до 30	0 -6	0 -9	0 -13	0 -21	0 -33	0 -52	0 -84	0 -84	0 -210
Св. 30 до 50	0 -7	0 -11	0 -16	0 -25	0 -39	0 -62	0 -100	0 -100	0 -250
Св. 50 до 80	0 -8	0 -13	0 -19	0 -30	0 -46	0 -74	0 -120	0 -120	0 -300
Св. 80 до 120	0 -10	0 -15	0 -22	0 -35	0 -54	0 -87	0 -140	0 -140	0 -350
Св. 120 до 180	0 -12	0 -18	0 -25	0 -40	0 -63	0 100	0 -160	0 -160	0 -400
Св. 180 до 250	0 -14	0 -20	0 -29	0 -46	0 -72	0 -115	0 -185	0 -185	0 -460
Св. 250 до 315	0 -16	0 -23	0 -32	0 -52	0 -81	0 -130	0 -210	0 -210	0 -520

Таблица П.1.7

Система вала. Предельные отклонения отверстий для посадок с зазором при размерах до 500 мм (по ГОСТ 25347-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5				6				
	Поля допусков отверстий								
	E5	F5	G5	H5	(D6)	(E6)	(F6)	G6	H6
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
До 1	+18 +14	+10 +6	+6 +2	+4 0	+26 +20	+20 +14	+12 +6	+8 +2	+6 0
От 1до 3	+18 +14	+10 +6	+6 +2	+4 0	+26 +20	+20 +14	+12 +6	+8 +2	+6 0
Св. 3 до 6	+25 +30	+15 +10	+9 +4	+5 0	+38 +30	+28 +20	+18 +10	+14 +4	+8 0
Св. 6 до 10	+31 +25	+19 +13	+11 +5	+6 0	+49 +40	+34 +25	+22 +13	+14 +5	+9 0
Св. 10 до 18	+40 +32	+24 +16	+14 +6	+8 0	+61 +50	+43 +32	+27 +16	+17 +6	+11 0
Св. 18 до 30	+49 +40	+29 +20	+16 +7	+9 0	+78 +65	+53 +40	+33 +20	+20 +7	+13 0
Св. 30 до 50	+61 +50	+36 +25	+20 +9	+11 0	+96 +80	+66 +50	+41 +25	+25 +9	+16 0
Св. 50 до 80	+73 +60	+43 +30	+23 +10	+13 0	+119 +100	+79 +60	+49 +30	+28 +10	+19 0
Св. 80 до 120	+87 +72	+51 +36	+27 +12	+15 0	+142 +120	+94 +72	+58 +36	+34 +12	+22 0
Св. 120 до 180	+103 +85	+61 +43	+32 +14	+18 0	+170 +145	+110 +85	+68 +43	+39 +14	+25 0
Св. 180 до 250	+120 +100	+70 +50	+35 +15	+20 0	+199 +170	+129 +100	+79 +50	+44 +15	+29 0
Св. 250 до 315	+133 +110	+79 +56	+40 +17	+23 0	+222 +190	+142 +110	+88 +56	+49 +17	+32 0
Св. 315 до 400	+150 +125	+87 +62	+43 +18	+25 0	+246 +210	+161 +125	+98 +62	+58 +14	+36 0
Св. 400 до 500	+162 +135	+95 +68	+47 +20	+27 0	+270 +230	+175 +135	+108 +68	+60 +20	+40 0

Продолжение табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитет				
	7				
	Поля допусков отверстий				
	(D7)	(E7)	F7	G7	H7
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм				
До 1	+30 +20	+24 +14	+16 +6	–	+10 0
От 1 до 3	+30 +20	+24 +14	+16 +6	+12 +2	+10 0
Св. 3 до 6	+42 +30	+32 +20	+22 +10	+16 +4	+12 0
Св. 6 до 10	+55 +40	+40 +25	+28 +13	+20 +5	+15 0
Св. 10 до 18	+68 +50	+50 +32	+34 +16	+24 +6	+18 0
Св. 18 до 30	+86 +65	+61 +40	+41 +20	+28 +7	+21 0
Св. 30 до 50	+105 +80	+75 +50	+50 +25	+34 +9	+25 0
Св. 50 до 80	+130 +100	+90 +60	+60 +30	+40 +10	+30 0
Св. 80 до 120	+155 +120	+107 +72	+71 +36	+47 +12	+35 0
Св. 120 до 180	+185 +145	+125 +85	+83 +43	+54 +14	+40 0
Св. 180 до 250	+216 +170	+146 +100	+96 +50	+61 +15	+46 0
Св. 250 до 315	+242 +190	+162 +110	+108 +56	+69 +17	+52 0
Св. 315 до 400	+267 +210	+182 +125	+119 +62	+75 +18	+57 0
Св. 400 до 500	+293 +230	+198 +135	+131 +68	+83 +20	+63 0

Продолжение табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	8					9			
	Поля допусков отверстий								
	(C8)	D8	E8	F8	H8	(A9)	(B9)	(C9)	D9
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
До 1	–	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	–	–	–	+45 +20
От 1 до 3	+74 +60	+34 +20	+28 +14	+20 +6	+14 0	+295 +270	+165 +140	+85 +60	+45 +20
Св. 3 до 6	+88 +70	+48 +30	+38 +20	+28 +10	+18 0	+300 +270	+170 +140	+100 +70	+60 +30
Св. 6 до 10	+102 +80	+62 +40	+47 +25	+35 +13	+22 0	+316 +280	+186 +150	+116 +80	+76 +40
Св. 10 до 18	+122 +95	+77 +50	+59 +32	+43 +16	+27 0	+333 +290	+193 +150	+138 +95	+93 +50
Св. 18 до 30	+143 +110	+98 +65	+73 +40	+53 +20	+33 0	+352 +300	+212 +160	+162 +110	+117 +65
Св. 30 до 40	+159 +120	+119 +80	+89 +50	+64 +25	+39 0	+372 +310	+232 +170	+182 +120	+142 +80
Св. 40 до 50	+169 +130	+119 +80	+89 +50	+64 +25	+39 0	+382 +320	+242 +180	+192 +130	+142 +80
Св. 50 до 65	+186 +140	+146 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+414 +340	+264 +190	+214 +140	+174 +100
Св. 65 до 80	+196 +150	+146 +100	+106 +60	+76 +30	+46 0	+434 +360	+274 +200	+224 +150	+174 +100
Св. 80 до 100	+224 +170	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+467 +380	+307 +220	+257 +170	+207 +120
Св. 100 до 120	+234 +180	+174 +120	+126 +72	+90 +36	+54 0	+497 +410	+327 +240	+267 +180	+207 +120

Продолжение табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	8					9			
	Поля допусков отверстий								
	(C8)	D8	E8	F8	H8	A9	(B9)	(C9)	D9
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
Св. 120 до 140	+263 +200	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+550 +460	+360 +260	+300 +200	+245 +145
Св. 140 до 160	+273 +210	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+620 +520	+380 +280	+310 +210	+245 +145
Св. 160 до 180	+293 +230	+208 +145	+148 +85	+106 +43	+63 0	+680 +580	+410 +310	+330 +230	+245 +145
Св. 180 до 200	+312 +240	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+775 +660	+455 +340	+355 +240	+285 +170
Св. 200 до 225	+332 +260	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+855 +740	+495 +380	+375 +260	+285 +170
Св. 225 до 250	+352 +280	+242 +170	+172 +100	+122 +50	+72 0	+935 +820	+535 +420	+395 +280	+285 +170
Св. 250 до 280	+381 +300	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+1050 +920	+610 +480	+430 +300	+320 +190
Св. 280 до 315	+441 +330	+271 +190	+191 +110	+137 +56	+81 0	+1180 +1050	+670 +540	+460 +330	+320 +190
Св. 315 до 355	+449 +360	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+1340 +1200	+740 +600	+500 +360	+350 +210
Св. 355 до 400	+489 +400	+299 +210	+214 +125	+151 +62	+89 0	+1490 +1350	+820 +680	+540 +400	+350 +210
Св. 400 до 450	+537 +440	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+1655 +1500	+915 +760	+595 +440	+385 +230
Св. 450 до 500	+577 +480	+327 +230	+232 +135	+165 +68	+97 0	+1805 +1650	+995 +840	+635 +480	+385 +230

Продолжение табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитеты					
	9			10		
	Поля допусков отверстий					
	E9	F9	H9	D10	(E10)	H10
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм					
До 1	+39 +14	–	+25 0	+60 +20	–	+40 0
От 1 до 3	+39 +14	+31 +6	+25 0	+60 +20	+54 +14	+40 0
Св. 3 до 6	+50 +20	+40 +10	+30 0	+78 +30	+68 +20	+48 0
Св. 6 до 10	+61 +25	+49 +13	+36 0	+98 +40	+83 +25	+58 0
Св. 10 до 18	+75 +32	+59 +16	+43 0	+120 +50	+102 +32	+70 0
Св. 18 до 30	+92 +40	+72 +20	+52 0	+149 +65	+124 +40	+84 0
Св. 30 до 50	+112 +50	+87 +25	+62 0	+180 +80	+150 +50	+100 0
Св. 50 до 80	+134 +60	+104 +30	+74 0	+220 +100	+180 +60	+120 0
Св. 80 до 120	+159 +72	+123 +36	+87 0	+260 +120	+212 +72	+140 0
Св. 120 до 180	+185 +85	+143 +43	+100 0	+305 +145	+245 +85	+160 0
Св. 180 до 250	+215 +100	+165 +50	+115 0	+355 +170	+285 +100	+185 0
Св. 250 до 315	+240 +110	+186 +56	+130 0	+400 +190	+320 +110	+210 0
Св. 315 до 400	+265 +125	+202 +62	+140 0	+440 +210	+355 +125	+230 0
Св. 400 до 500	+290 +135	+223 +68	+155 0	+480 +230	+385 +135	+250 0

Продолжение табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Поля допусков отверстий						
	A11	B11	C11	D11	H11	B12	H12
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм						
До 1	–	–	–	–	+60 0	–	–
От 1 до 3	+330 +270	+200 +140	+120 +60	+80 +20	+60 0	+240 +140	+100 0
Св. 3 до 6	+345 +270	+215 +140	+145 +70	+105 +30	+75 0	+260 +140	+120 0
Св. 6 до 10	+370 +280	+240 +150	+170 +80	+130 +40	+90 0	+300 +150	+150 0
Св. 10 до 18	+400 +290	+260 +150	+205 +95	+160 +50	+110 0	+330 +150	+180 0
Св. 18 до 30	+430 +300	+290 +160	+240 +110	+195 +65	+130 0	+370 +160	+210 0
Св. 30 до 40	+470 +310	+330 +170	+280 +120	+240 +80	+160 0	+420 +170	+250 0
Св. 40 до 50	+480 +320	+340 +180	+290 +130	+240 +80	+160 0	+430 +180	+250 0
Св. 50 до 65	+530 +340	+380 +190	+330 +140	+290 +100	+190 0	+490 +190	+300 0
Св. 65 до 80	+550 +360	+390 +200	+340 +150	+290 +100	+190 0	+500 +200	+300 0
Св. 80 до 100	+600 +380	+440 +220	+390 +170	+340 +120	+220 0	+570 +220	+350 0
Св. 100 до 120	+630 +410	+460 +240	+400 +180	+340 +120	+220 0	+590 +240	+350 0
Св. 120 до 140	+710 +460	+510 +260	+450 +200	+395 +145	+250 0	+660 +260	+400 0
Св. 140 до 160	+770 +520	+530 +280	+460 +210	+395 +145	+250 0	+680 +280	+400 0

Окончание табл. П.1.7

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	11					12	
	Поля допусков отверстий						
	A11	B11	C11	D	H11	B12	H12
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм						
Св. 160 до 180	+830 +580	+560 +310	+480 +230	+395 +145	+250 0	+710 +310	+400 0
Св. 180 до 200	+950 +660	+630 +340	+530 +240	+460 +170	+290 0	+800 +340	+460 0
Св. 200 до 225	+1030 +740	+670 +380	+550 +260	+460 +170	+290 0	+840 +380	+460 0
Св. 225 до 250	+1110 +820	+710 +420	+570 +280	+460 +170	+290 0	+880 +420	+460 0
Св. 250 до 280	+1240 +920	+800 +480	+620 +300	+510 +190	+320 0	+1000 +480	+520 0
Св. 280 до 315	+370 +1050	+860 +540	+650 +330	+510 +190	+320 0	+1060 +540	+520 0
Св. 315 до 355	+1560 +1200	+960 +600	+720 +360	+570 +210	+360 0	+1170 +600	+570 0
Св. 355 до 400	+1710 +1350	+1040 +680	+760 +400	+570 +210	+360 0	+1250 +680	+570 0
Св. 400 до 450	+1900 +1500	+1160 +760	+840 +440	+630 +230	+400 0	+1390 +760	+630 0
Св. 450 до 500	+2050 +1650	+1240 +840	+880 +480	+630 +230	+400 0	+1470 +840	+630 0

Примечание. [ ] – предпочтительные поля допусков при размерах от 1 до 500 мм; ( ) – дополнительные (ограниченного применения) поля допусков при размерах 1 до 500 мм. Предельные отклонения основных валов см. в таблице П.1.6.

Таблица П.1.8

Система вала. Предельные отклонения отверстий для переходных посадок при размерах до 500 мм (по ГОСТ 25347-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5				6				
	Поля допусков отверстий								
	Js5	K5	M5	N5	(J6)	Js6	K6	M6	N6
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
До 1	+2 -2,0	0 -4	-2 -6	-4 -8	–	+3,0 -3,0	0 -6	–	-4 -10
От 1 до 3	+2,0 -2,0	0 -4	-2 -6	-4 -8	+2 -4	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10
Св. 3 до 6	+2,5 -2,5	0 -5	-3 -8	-7 -12	+5,0 -3	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13
Св. 6 до 10	+3,0 -3,0	+1 -5	-4 -10	-8 -14	+5 -4	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16
Св. 10 до 18	+4,0 -4,0	+2 -6	-4 -12	-9 -17	+6 -5	+5,5 -5,5	+2 -9	-4 -15	-9 -20
Св. 18 до 30	+4,5 -4,5	+1 -8	-5 -14	См. таблицу П.1.9	+8 -5	+6,5 -6,5	+2 -11	-4 -17	-11 -24
Св. 30 до 50	+5,5 -5,5	+2 -9	-5 -16		+10 -6	+8,0 -8,0	+3 -13	-4 -20	-12 -28
Св. 50 до 80	+6,5 -6,5	+3 -10	-6 -19		+13 -6	+9,5 -9,5	+4 -15	-5 -24	-14 -33
Св. 80 до 120	+7,5 -7,5	+2 -13	-8 -23		+16 -6	+11,0 -11,0	+4 -18	-6 -28	-16 -38
Св. 120 до 180	+9,0 -9,0	+3 -15	-9 -27		+18 -7	+12,5 -12,5	+4 -21	-8 -33	-20 -45
Св. 180 до 250	+10,0 -10,0	+2 -18	-11 -31		+22 -7	+14,5 -14,5	+5 -24	-8 -37	-22 -51
Св. 250 до 315	+11,5 -11,5	+3 -20	-13 -36		+25 -7	+16,0 -16,0	+5 -27	-9 -41	-25 -57
Св. 315 до 400	+12,5 -12,5	+2 -22	-16 -39		+29 -7	+18,0 -18,0	+7 -29	-10 -46	-26 -62
Св. 400 до 500	+13,5 -13,5	+2 -25	-16 -43		+33 -7	+20,0 -20,0	+8 -32	-10 -50	-27 -67

Окончание табл. П.1.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты											
	Поля допусков отверстий											
	J7	J_S7	K7	M7	N7	J8	J_S8	K8	M8	N8	N9	P9
	Предельные отклонения, $\frac{ES}{EI}$ мкм											
До 1	-	+5 -5	0 -10	-	-	-	+7 -7	0 -14	-	-	-	-
От 1 до 3	+4 -6	+5 -5	0 -10	-2 -12	-4 -14	+6 -8	+7 -7	0 -14	-	-4 -18	-4 -29	-6 -31
Св. 3 до 6	+6 -6	+6 -6	+3 -9	0 -12	-4 -14	+10 -8	+9 -9	+5 -18	+2 -16	-2 -20	0 -30	-12 -42
Св. 6 до 10	+8 -7	+7 -7	+5 -10	0 -15	-4 -19	+12 -10	+11 -11	+6 -16	+1 -21	-3 -25	0 -36	-15 -21
Св. 10 до 18	+10 -8	+9 -9	+6 -12	0 -18	-5 -23	+15 -12	+13 -13	+8 -19	+2 -25	-3 -30	0 -43	-18 -61
Св. 18 до 30	+12 -9	+10 -10	+6 -15	0 -21	-7 -28	+20 -13	+16 -16	+10 -23	+4 -29	-3 -36	0 -52	-22 -74
Св. 30 до 50	+14 -11	+12 -12	+7 -18	0 -25	-8 -33	+24 -15	+19 -19	+12 -27	+5 -34	-3 -42	0 -62	-26 -88
Св. 50 до 80	+18 -12	+15 -15	+9 -21	0 -30	-9 -39	+28 -18	+23 -23	+14 -32	+5 -41	-4 -50	0 -74	-32 -106
Св. 80 до 120	+22 -13	+17 -17	+10 -25	0 -35	-10 -45	+34 -20	+27 -27	+16 -38	+6 -48	-4 -58	0 -87	-37 -124
Св. 120 до 180	+26 -14	+20 -20	+12-28	0 -40	-12 -52	+41 -22	+31 -31	+20 -43	+8 -55	-4 -67	0 -100	-43 -143
Св. 180 до 250	+30 -16	+23 -23	+13 -33	0 -46	-14 -60	+47 -25	+36 -36	+22 -50	+9 -63	-5 -77	0 -115	-50 -165
Св. 250 до 315	+36 -16	+26 -26	+16 -36	0 -52	-14 -66	+55 -26	+40 -40	+25 -56	+9 -72	-5 -86	0 -130	-56 -186

Окончание табл. П.1.8

Номинальные размеры, мм	Квалитеты				
	Поля допусков валов				
	J6	*J*$_s$*6*	K6	M6	N6
	Предельные отклонения, $\frac{ES}{EI}$ мкм				
До 1	-	+3,0 -30	0 -6	-	-4 -9
От 1 до 3	+2 -4	+3,0 -3,0	0 -6	-2 -8	-4 -10
Св. 3 до 6	+5,0 -3	+4,0 -4,0	+2 -6	-1 -9	-5 -13
Св. 6 до 10	+5 -4	+4,5 -4,5	+2 -7	-3 -12	-7 -16
Св. 10 до 18	+6 -5	+5,5 -5,5	+2 -9	-4 -15	-9 -20
Св. 18 до 30	+8 -5	+6,5 -6,5	+2 -11	-4 -17	-11 -24
Св. 30 до 50	+10 -6	+8,5 -8,0	+3 -13	-4 -20	-12 -28
Св. 50 до 80	+13 -6	+9,5 -9,5	+4 -15	-5 -24	-14 -33
Св. 80 до 120	+16 -6	+11,0 -11,0	+4 -18	-6 -28	-16 -38
Св. 120 до 180	+9,0 -9,0	+12,5 -12,5	+4 -21	-8 -33	-20 -45
Св. 180 до 250	+18 -7	+14,5 -14,5	+5 -24	-8 -37	-22 -51
Св. 250 до 315	-22 -7	+16,0 -16,0	+5 +27	-9 -41	-25 -57

Таблица П.1.9

Система вала. Предельные отклонения отверстий для посадок с натягом при размерах до 500 мм (по ГОСТ 25347-82)

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5				6				
	Поля допусков отверстий								
	N5	(P5)	R5	S5	P6	(R6)	(S6)	(T6)	U6
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
До 1	–	-6 -10	-10 -14	-14 -18	-6 -12	-10 -16	-14 -20	–	-18 -24
От 1 до 3	-4 -8	-6 -10	–	–	-6 -12	-10 -16	-14 -20	–	–
Св. 3 до 6	-7 -12	-11 -16	–	–	-9 -17	-12 -20	-16 -24	–	–
Св. 6 до 10	-8 -14	-13 -19	–	–	-12 -21	-16 -25	-20 -29	–	–
Св. 10 до 18	-9 -17	-15 -23	–	–	-15 -26	-20 -31	-25 -36	–	–
Св. 18 до 24	-12 -21	-19 -28	–	–	-18 -31	-24 -37	-31 -44	–	–
Св. 24 до 30	-12 -21	-19 -28	–	–	-18 -31	-24 -37	-31 -44	-37 -50	–
Св. 30 до 40	-13 -24	-22 -33	–	–	-21 -37	-29 -45	-38 -54	-43 -59	–
Св. 40 до 50	-13 -24	-22 -33	–	–	-21 -37	-29 -45	-38 -54	-49 -65	–
Св. 50 до 65	-15 -28	-27 -40	–	–	-26 -45	-35 -54	-47 -66	-60 -79	–
Св. 65 до 80	-15 -28	-27 -40	–	–	-26 -45	-37 -56	-53 -72	-69 -88	–
Св. 80 до 100	-18 -33	-32 -47	–	–	-30 -52	-44 -66	-64 -86	-84 -106	–
Св. 100 до 120	-18 -33	-32 -47	–	–	-30 -52	-47 -69	-72 -94	-97 -119	–

Продолжение табл. П.1.9

Номинальные размеры, мм	Квалитеты								
	5				6				
	Поля допусков отверстий								
	N5	(P5)	R5	S5	P6	(R6)	(S6)	(T6)	U6
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EI}$, мкм								
Св. 120 до 140	-21 -39	-37 -55	–	–	-36 -61	-56 -81	-85 -110	-115 -140	–
Св. 140 до 160	-21 -39	-37 -55	–	–	-36 -61	-58 -83	-93 -118	-127 -152	–
Св. 160 до 180	-21 -39	-37 -55	–	–	-36 -61	-61 -86	-101 -126	-139 -164	–
Св. 180 до 200	-25 -45	-44 -64	–	–	-41 -70	-68 -97	-113 -142	-157 -186	–
Св. 200 до 225	-25 -45	-44 -64	–	–	-41 -70	-71 -100	-121 -150	-171 -200	–
Св. 225 до 250	-25 -45	-44 -64	–	–	-41 -70	-75 -104	-131 -160	-187 -216	–
Св. 250 до 280	-27 -50	-49 -72	–	–	-47 -79	-85 -117	-149 -181	-209 -241	–
Св. 280 до 315	-27 -50	-49 -72	–	–	-47 -79	-89 -121	-161 -193	-231 -263	–
Св. 315 до 355	-30 -55	-55 -80	–	–	-51 -87	-97 -133	-179 -215	-257 -293	–
Св. 355 до 400	-30 -55	-55 -80	–	–	-51 -87	-103 -139	-197 -233	-283 -319	–
Св. 400 до 450	-33 -60	-61 -88	–	–	-55 -95	-113 -153	-219 -259	-317 -357	–
Св. 450 до 500	-33 -60	-61 -88	–	–	-55 -95	-119 -159	-239 -279	-347 -387	–

Продолжение табл. П.1.9

Номинальные размеры, мм	Квалитеты Поля допусков		
	P6	R6	S6
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EJ}$		
До 1	-6 -12	-10 -16	-14 -20
Св. 1 до 3	-6 -12	-10 -16	-14 -20
Св. 3 до 6	-9 -17	-12 -20	-16 -24
Св. 6 до 10	-12 -21	-16 -25	-20 -29
Св. 10 до 18	-15 -26	-20 -31	-25 -36
Св. 18 до 24	-18 -31	-24 -37	-31 -44
Св. 24до 30	-18 -31	-24 -37	-31 -44
Св. 30 до 40	-21 -37	-29 -45	-38 -54
Св. 40 до 50	-21 -37	-29 -45	-38 -54
Св. 50 до 65	-26 -45	-35 -54	-47 -66
Св. 65 до 80	-26 -45	-37 -56	-53 -72
Св. 80 до 100	-30 -52	-44 -66	-64 -86
Св.100 до 120	-30 -52	-47 -69	-72 -94
Св. 120 до 140	-36 -61	-56 -81	-85 -110
Св. 140 до 160	-36 -61	-58 -83	-93 -118
Св. 160 до 180	-31 -61	-61 -86	-101 -126
Св. 180 до 200	-41 -70	-68 -97	-113 -142
Св. 200 до 225	-41 -70	-71 -100	-121 -150
Св. 225 до 250	-41 -70	-75 -104	-131 -160
Св. 250 до 280	-47 -79	-85 -117	-149 -181
Св. 280 до 315	-47 -79	-89 -121	-161 -193

Окончание табл. П.1.9

Номинальные размеры, мм	Квалитеты						
	Поля допусков						
	R7	S7	U7	P8	R8	U8	Z8
	Предельные отклонения $\frac{ES}{EJ}$						
До 1	-	-14 -24	-	-	-	-	-26 -40
Св. 1 до 3	-10 -20	-14 -24	-18 -28	-6 -20	-10 -24	-18 -31	-26 -40
Св. 3 до 6	-11 -23	-15 -27	-19 -31	-12 -30	-15 -33	-23 -41	-35 -53
Св. 6 до 10	-13 -28	-17 -32	-22 -37	-15 -37	-19 -41	-28 -50	-42 -64
Св. 10 до 14	-16 -34	-21 -39	-26 -44	-18 -45	-23 -50	-33 -60	-50 -77
Св. 14 до 18	-16 -34	-21 -39	-26 -44	-18 -45	-23 -50	-33 -60	-60 -87
Св. 18 до 24	-20 -41	-27 -48	-33 -54	-22 -55	-28 -61	-41 -74	-
Св. 24 до 30	-20 -41	-27 -48	-40 -61	-22 -55	-28 -61	-48 -81	-
Св. 30 до 40	-25 -50	-34 -59	-51 -76	-26 -65	-34 -73	-60 -99	-
Св. 40 до 50	-25 -50	-34 -59	-61 -86	-26 -65	-34 -73	-70 -109	-
Св. 50 до 65	-30 -60	-42 -72	-76 -106	-32 -78	-41 -87	-87 -133	-
Св. 65 до 80	-32 -62	-48 -78	-91 -121	-32 -78	-43 -89	-102 -148	-
Св. 80 до 100	-38 -73	-58 -93	-111 -146	-37 -91	-51 -105	-124 -178	-
Св. 100 до 120	-41 -76	-66 -101	-131 -166	-37 -91	-54 -108	-144 -198	-
Св. 120 до 140	-48 -88	-77 -117	-155 -195	-43 -106	-63 -126	-170 -233	-
Св. 140 до 160	-50 -90	-85 -125	-175 -215	-43 -106	-65 -128	-190 -253	-
Св. 160 до 180	-53 -93	-93 -133	-195 -235	-43 -106	-68 -131	-210 -273	-
Св. 180 до 200	-60 -106	-105 -151	-219 -265	-50 -122	-77 -149	-326 -308	-
Св. 200 до 225	-33 -79	-113 -159	-241 -286	-50 -122	-80 -152	-258 -330	-
Св. 225 до 250	-33 -79	-129 -169	-267 -313	-50 -122	-84 -156	-284 -356	-

Таблица П.1.10

Числовые значения параметров шероховатости поверхностей (ГОСТ 2789 - 73)

Высотные параметры, мкм							
R_z, R_{max}		R_a, R_z, R_{max}				R_a	
-	1000	**100**	10,0	1,00	**0,100**	-	0,010
-	800	80	8,0	**0,80**	0,080	-	0,008
-	630	63	**6,3**	0,63	0,063	-	-
-	500	**50**	5,0	0,50	**0,050**	-	-
-	**400**	40	4,0	**0,40**	0,040	-	-
-	320	32	**3,2**	0,32	0,032	-	-
-	250	**25**	2,5	0,25	**0,025**	-	-
-	**200**	20	2,0	**0,20**	-	0,020	-
1600	160	16	**1,6**	0,16	-	0,016	-
1250	125	**12,5**	1,25	0,125	-	**0,012**	-

Таблица П.1.11

Шероховатость поверхностей и квалитеты при различных видах обработки деталей резанием

Вид обработки		Значения параметра, R_a, мкм	Квалитеты	
			экономические	достижимые
1		2	3	4
Обтачивание продольной подачей	обдирочное	25-100	15-17	–
	получистовое	6,3-12,5	12-14	–
	чистовое	1,6*-3,2 (0,8)	7-9	6
	тонкое (алмазное)	0,4*-0,8 (0,2)	6	5
Обтачивание продольной подачей	обдирочное	25-100	16; 17	–
	получистовое	6,3-12,5	14; 15	–
	чистовое	3,2*	11-13	8; 9
	тонкое (алмазное)	(0,8)-1,6	8-11	7
Обтачивание	скоростное	(0,4)-1,6	11	8; 9
Сверление	до 15 мм	6,3-12,5*	12-14****	10; 11*****
	св. 15 мм	12,5-25*	12-14****	10; 11*****
Рассверливание		12,5-25*(6,3)	12-14	10; 11

Окончание табл. П.1. 11

Вид обработки		Значения параметра, R_a, мкм	Квалитеты	
			экономические	достижимые
Зенкерование	черновое	12,5-25	12-15	–
	чистовое	3,2*-6,3	10; 11	8; 9
Растачивание	черновое	50-100	15-17	–
	получистовое	12,5-25	12-14	–
	чистовое	1,6*-3,2 (0,8)	8-9	7
	тонкое (алмазное)	0,4*-0,8 (0,2)	7	6
Скоростное растачивание		0,4-1,6	8	7
Развертывание	получистовое	6,3-12,5	9; 10	–
	чистовое	1,6*-3,2	7; 8; (8)**	–
	тонкое (алмазное)	(0,4)-0,8	7	6***
Протягивание	получистовое	6,3	8; 9	–
	чистовое	0,8*-3,2	7; 8	–
	отделочное	0,2-0,4	7	6
Шлифование круглое	получистовое	3,2-6,3	8-11	–
	чистовое	0,8*-1,6	6-8	6
	отделочное	0,2*-0,4 (0,1)	5	Выше 5-го
Обкатывание и раскатывание роликами или шариками при значении параметра исходной поверхности 3,2-12,5		0,4-1,6	6-9	–
Наклепывание шариками при значении параметра исходной поверхности 0,8-3,2 мкм		0,2-0,8	–	–
Развальцовывание	чистовое	0,4-1,6	7	6
	тонкое	0,1-0,2	6	–
Притирка	чистовая	0,4-3,2	6; 7	–
	тонкая	0,1-1,6	5	–
Полирование	обычное	0,2-1,6	6	–
	тонкое	0,05-0,1	5	–
Доводка	грубая	0,4*	6; 7	5
	средняя	0,1-0,2*	5; 6	5
	тонкая	0,05*	5	Выше 5-го
	отделочная (зеркальная)	0,012-0,025	–	–
Хонингование	плоскостей	0,1-0,4*	7; 8	6
	цилиндров	0,05-0,2*	6; 7	–

Таблица П.1.12

Примеры нормирования шероховатости поверхности деталей

Характеристика поверхности			Значение параметра R_a, мкм, не более					
Посадочные поверхности сменных деталей	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм					
			до 50			Св. 50 до 500		
	5	вал	0,2			0,4		
		отверстие	0,4			0,8		
	6	вал	0,4			0,8		
		отверстие	0,4-0,8			0,8-1,6		
	7	вал	0,4-0,8			0,8-1,6		
		отверстие	0,8			1,6		
	–	вал	0,8			1,6		
		отверстие	0,8-1,6			1,6-3,2		
Поверхности деталей с натягом а) собираемых под прессом; б) собираемых способом термич. деформаций	Квалитет	Поверхность	Номинальные размеры, мм					
			до 50		Св.50 до 120		Св.120 до 500	
	5	вал	0,1-0,2		0,4		0,4	
		отверстие	0,2-0,4		0,8		0,8	
	6-7	вал	0,4		0,8		1,6	
		отверстие	0,8		1,6		1,6	
	8	вал	0,8		0,8-1,6		1,6-3,2	
		отверстие	1,6		1,6-3,2		1,6-3,2	
	–	вал	–		1,6		–	
		отверстие			1,6-3,2			
Поверхности деталей при селективной сборке	Поверхность		Допуск сортировочной группы, мкм					
			2,5		2,5	5	10	20
	вал		0,05		0,1	0,2	0,4	0,8
	отверстие		0,1		0,2	0,4	0,8	1,6
Поверхности деталей для посадок с точным центрированием	Поверхность		Допуск радиального биения, мкм					
			2,5	4	6	10	16	25
	вал		0,05	0,1	0,1	0,2	0,4	0,8
	отверстие		0,1	0,2	0,2	0,4	0,8	1,6
Посадочные поверхности подшипников скольжения	Поверхность		Квалитеты				Жидкостный режим трения	
			6-9		10-12		–	
	вал		0,4-0,8		0,8-3,2		0,1-0,4	
	отверстие		0,8-1,6		1,6-3,2		0,2-0,8	
Поверхности цилиндров, поршней, золотников гидравлических систем	Поверхность		Высокое давление		Обычное исполнение		Низкое давление	
			Диаметр, мм					
			до 10	св. 10				
	вал		0,025	0,05	0,1		0,2	
	отверстие		0,05	0,1	0,2		0,4	

Примечание. Данные, приведенные в таблице, не относятся к тем деталям, шероховатость поверхность которых установлена соответствующими стандартами.

Таблица П.1.13

Допуски формы цилиндрических поверхностей

Номинальный диаметр, мм	Степени точности															
	по ГОСТ 24643-81										дополнительные 16					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
	Допуски (предельные отклонения), мкм															
До 6	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300
Св. 6 до 18	0,5	0,8	1,2	2,0	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500
Св. 18 до 50	0,6	1,0	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600
Св. 50 до 120	0,8	1,2	2,0	3,0	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800
Св. 120 до 260	1,0	1,5	2,5	4,0	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000
Св .260 до 500	1,2	2,0	3,0	5,0	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Св. 500 до 800	1,6	2,5	4,0	6,0	10	16	25	40	60	100	160	230	400	600	1000	1600

Таблица П.1.14

Степени точности формы цилиндрических поверхностей в зависимости от квалитета допуска диаметра и относительной геометрической точности

Относительная геометрическая точность	Квалитет допуска диаметра по ЕСДП									
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Степень точности формы									
Нормальная	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Повышенная	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Высокая	–	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Особо высокая	–	–	1	2	3	4	5	6	7	8

Примечание. Нормальная относительная геометрическая точность (А) – применяется для поверхностей соединениях с натягом или с переходными посадками при необходимости повторной разборки и сборки, повышенных требованиях к точности центрирования и стабильности натяга, в подвижных соединениях при небольших скоростях относительного перемещения и нагрузках, измерительные поверхности калибров. Повышенная (В) – применяется для поверхностей в подвижных соединениях при средних скоростях относительного перемещения деталей и нагрузках, поверхности в соединениях с натягом или переходных, при повышенных требованиях к точности и прочности в условиях больших скоростей и нагрузок, ударов и вибрации. Высокая (С) – применяется для поверхности 71 соединениях с натягом и переходных при высоких скоростях и нагрузках и требования к точности, плавности хода, герметичности, прочности.

Таблица П.1.15

Допуски соосности, симметричности, пересечения осей и радиального биения

Номинальный диаметр, мм	Степень точности															
	по ГОСТ 24643-81 (СТ СЭВ 636-77)										Дополнительные 16					
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI
	Допуски (предельные отклонения), мкм															
До 6	-	-	3	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200
Св. 6 до 18	1,6	2,5	4	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600
Св. 18 до 50	2,0	3,0	5	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000
Св. 50 до 120	2,5	4,0	6	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500
Св. 120 до 260	3,0	5,0	8	12	20	30	50	80	120	200	300	500	800	1200	2000	3000
Св. 260 до 500	4,0	6,0	10	16	25	40	60	100	160	250	400	600	1000	1600	2500	4000

Примечание. 1. Допуски приведенные в данной таблице распространяются также на полное радиальное биение и биение в заданном направлении. 2. Допуски соосности, симметричности и пересечения осей приведены в таблице в диаметральном выражении. Соответствующие им допуски в радиусном выражении могут быть получены делением их значений пополам. 3. Выбор допусков при данной степени точности производится по диаметру нормируемой поверхности, а при нормировании взаимного расположения (база отсутствует) – по большому из диаметров нормируемых поверхностей.

Таблица П.1.16

Допускаемые погрешности измерения в зависимости от допуска измеряемого размера (по ГОСТ 8.051-81)

Номинальный диаметр мм.	Квалитет измеряемого изделия															
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Допускаемые погрешности измерения $\delta_{изм}$, мкм															
До 3	0,4	0,8	1,0	1,4	1,8	3	3	6	8	12	20	30	50	80	120	200
Св. 3 до 6	0,6	1,0	1,4	1,6	2,0	3	4	8	10	16	30	40	60	100	160	240
Св. 6 до 10	0,6	1,0	1,4	2,0	2,0	4	5	9	12	18	30	50	80	200	200	300
Св. 10 до 18	0,8	1,2	1,6	2,8	3,0	5	7	10	14	30	40	60	90	140	240	380
Св. 18 до 30	1,0	1,4	2,0	3,0	4,0	6	8	12	18	30	50	70	120	180	280	440
Св. 30 до 50	1,0	1,4	2,4	4,0	5,0	7	10	16	20	40	50	80	140	200	320	500
Св. 50 до 80	1,2	1,8	2,8	4,0	5,0	9	12	18	30	40	60	100	160	240	400	600
Св. 80 до 120	1,6	2,0	3,0	5,0	6,0	10	12	20	30	50	70	120	180	280	440	700
Св. 120 до 180	2,0	2,8	4,0	6,0	7,0	12	16	30	40	50	80	140	200	320	500	800
Св. 180 до 250	2,8	4,0	5,0	7,0	8,0	12	18	30	40	60	100	160	240	380	600	1000
Св. 250 до 315	3,0	4,0	5,0	8,0	10,0	14	20	30	50	70	120	180	260	440	700	1100
Св. 315 до 400	3,0	5,0	6,0	9,0	10,0	16	24	40	50	80	120	180	280	460	800	1200
Св. 400 500	4,0	5,0	6,0	9,0	12,0	18	26	40	50	80	140	200	320	500	800	1400

Таблица П17

Предельные погрешности измерения наружных и внутренних размеров, глубин и биений в диапазоне от1 до 500 мм

Наименование средства измерения	Цена деления отсчетного устройства, мм	Используемое перемещение измерительного стержня, мм	Установочное средство (по ГОСТ 10197-70)	Класс применяемых концевых мер длины	Предельная погрешность Δ lim (мкм) для интервала размеров измеряемых деталей (мм)												
					от 1 до 3	Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
Измерение наружных размеров																	
Штангенциркуль ШЦ-2 (ГОСТ – 166-80)	0,05				80	80	80	80	80	100	100	100	100	100	160	170	180
Микрометр МК (ГОСТ 6507-78)	0,01		Стойка В руке		5 5	5 5	5 5	5 5	5 10	5 10	10 10	10 15	10 20	10 25	10 30	10 40	10 50
Индикаторная скоба (ГОСТ 11098-75)	0,01	0,1	Стойка	1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
		3,0	В руках	3	15	15	15	15	15	15	20	20	20	40	40	50	60
Пружинная головка (микрокатор) 1ИГП (ГОСТ 6933-81)	0,01	±0,20	Стойка	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	–	–	–	–
Пружинная головка (микрокатор) 5ИГП (ГОСТ 6933-81)	0,005	±0,15	Стойка	1	3	3	3	3	3	3	3	5	5	–	–	–	–
Пружинная головка (микрокатор) 2ИГП	0,002	±0,06	Стойка	0	1	1	1	2	2	2	2	2	2	–	–	–	–

(ГОСТ 6933-81)																	
Пружинная головка (микрокатор) 1ИГП (ГОСТ 6933-81)	0,001	0,002… 0,003 ±0,03	Стойка	0, 01 01	0,5 0,5	0,5 0,5	0,5 1	0,5 1	0,5 1	0,5 1	0,5 1	1 1	1 1	–	–	–	–

Продолжение таблицы П17

Наименование средства измерения	Цена деления отсчетного устройства, мм	Используемое перемещение измерительного стержня, мм	Установочное средство (по ГОСТ 10197-70)	Класс применяемых концевых мер длины	Предельная погрешность Δ lim (мкм) для интервала размеров измеряемых деталей (мм)												
					от 1 до 3	Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
Многооборотный индикатор 1 МИС (ГОСТ 9696-75)	0,001	0,002… 0,003 0,1	Стойки С-II и С-III	0 1	1,5 3	1,5 3	1,5 3	1,5 3,5	1,5 4	1,5 4	2 4	2 4,5	2 4,5	–	–	–	–
Рычажно-зубчатая головка 2ИГ (ГОСТ 188833-75)	0,000	±0,06 ±0,10 ±0,10	Стойки С-II и С-III	1 4	1 4	1 4	2 4	2 4	2 4	2 4	2 5	2 6	- 8	–	–	–	–
Рычажно-зубчатая головка 1ИГ (ГОСТ 188833-75)	0,001	±0,03 ±0,05	Стойка С-III;	0,1 0	1 2	1 2	1 2	1 2,5	1 2,5	1 2,5	1 2,5	1 2,5	1 3	1 4	- -	- -	- -
Рычажный микрометр (ГОСТ 4381-80)	0,002	+1…2 деления ±10 дел.	Стойка	01 0	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,6 2	0,8 2	1,4 5	1,6 5	1,7 5	2 5	2,5 5	3 6	3,5 7
Микрометр гладкий МК (ГОСТ 6507-78)	0,01	–	Стойка В руках		5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 10	10 10	10 15	10 20	10 25	15 30	15 40	20 0

Продолжение таблицы П17

Наименование средства измерения	Цена деления отсчетного устройства, мм	Используемое перемещение измерительного стержня, мм	Установочное средство (по ГОСТ 10197-70)	Класс применяемых концевых мер длины	Предельная погрешность Δ lim (мкм) для интервала размеров измеряемых деталей (мм)											
					от 1 до 3	Св.3 до 6	Св.6 до 10	Св.10 до 18	Св.18 до 30	Св.30 до 50	Св.50 до 80	Св.80 до 120	Св.120 до 180	Св.180 до250	Св.250 до 315	Св.315 до 400	Св.400 до 500
Измерение внутренних размеров																	
Штангенциркуль (ГОСТ 166-80)	0,05 0,10	- -	- -	- -	120 200	120 200	120 200	120 200	120 200	120 200	130 200	130 200	150 200	150 200	- 200	- 200	- 200
Микрометрический нутромер (ГОСТ 10-75)	0,01	13	-	в сборе. Устан. мера	- -	- -	- -	- -	- -	- -	10 15	10 15	15 20	15 20	20 27	20 27	20 27
Индикаторный нутромер (ГОСТ 868-72)	0,01 0,02 0,001	0,03 0,1 0,1 0,03	- - - 	2 с боковиками или установочные кольца Микрометр	- - - - -	- - - - -	5 10 15 4,5 2,8	5 10 15 4,5 2,8	5 10 20 5,5 3,5	5 10 20 5,5 3,5	10 15 25 6,5 4,5	10 15 25 6,5 4,5	10 15 25 7,5 6,5	10 15 25 7,5 6,5	- 20 30 11 9	- 20 30 11 9	- 20 30 11 9
Индикаторный нутромер (ГОСТ 9244-75)	0,001	0,1	-- -	0,1	-	-	3,5	3,5	5	5	-	-	-	-	-	-	-
Оптиметр горизонтальный ОГЭ-1	0,001	±0,1		0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	-	-	-	-

Таблица П.1.18

Нормальные габаритные размеры подшипников качения (ГОСТ 8338-75)

Условные обозначения подшипников	Габаритные размеры, мм			Радиус закругления фаски, мм
	Внутренний диаметр	Наружный диаметр	Ширина	
Легкая серия				
204	20	47	14	1,5
205	25	52	15	1,5
206	30	62	16	1,5
207	35	72	17	2,0
208	40	80	18	2,0
209	45	85	19	2,0
210	50	90	20	2,0
211	55	100	21	2,5
212	60	110	22	2,5
213	65	120	23	2,5
214	70	125	24	2,5
215	75	130	25	2,5
216	80	140	26	3,0
217	85	150	28	3,0
Средняя серия				
305	25	62	17	2,0
306	30	72	19	2,0
307	35	80	21	2,5
308	40	90	23	2,5
309	45	100	25	2,5
310	50	110	27	3,0
311	55	120	29	3,0
312	60	130	31	3,5
313	65	140	33	3,5
314	70	150	35	3,5
315	75	160	37	3,5
316	80	170	39	3,5
317	85	180	41	4,0
Тяжелая серия				
406	30	90	23	2,5
407	35	100	25	2,5
408	40	110	27	3,0
409	45	120	29	3,0
410	50	130	31	3,5
411	55	140	33	3,5
412	60	150	35	3,5
413	65	160	37	3,5
414	70	180	42	4,0
415	75	190	45	4,0

Таблица П.1.19

Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях валов (нагружение шарико- и роликоподшипников циркуляционное)

Диаметр отверстия внутреннего кольца подшипника, мм	Допускаемые значения P, кН/м							
	Поля допусков для валов							
	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ
	js6	П	**k6**	Н	**m6**	Т	**n6**	Г
Св.18 до 80	До 300		300-1350		1350-1600		1600-3000	
Св.80 до 180	До 550		550-2000		2000-2500		2500-4000	
Св.180 до 360	До 700		700-3000		3000-3500		3500-6000	
Св.360 до 630	До 900		900-3400		3400-4500		4500-8000	

Допускаемые интенсивности нагрузок на посадочных поверхностях корпусов								
Диаметр наружного кольца, мм	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ	ЕСДП СЭВ	ОСТ
	K7	Н	**M7**	Г	**N7**	Т	**P7**	–
Св.50 до 180	До 800		800-1000		1000-1300		1300-2500	
Св.180 до 360	До 1000		1000 - 1500		1500-2000		2000-3300	
Св.360 до 630	До 1200		1200 - 2000		2000-2600		2600-4000	
Св.630 до 1600	До 1600		1600-2500		2500-3500		3500-5500	

Примечание. 1. Допускаемые значения P_R подсчитаны по средним значениям посадочных натягов. 2. Для полей допусков по ЕСДП СЭВ приведенные значения являются ориентировочными. 3. Значения P_R получены пересчетом данных 1кгс/см ≈1 кН/м.

Таблица П.1.20

Поля допусков валов и отверстий корпусов, соединяемых с подшипниками качения (нагружение шарико - и роликоподшипников местное)

Номинальный диаметр, мм	Поля допусков			Типы подшипников
	валов (осей)	отверстий в корпусе		
		неразъемном	разъемном	
Нагрузка спокойная или с умеренными толчками и вибрацией, перегрузка до 15%				
До 80	h5; h6	H6; H7	H6; H7	Все типы, кроме штампованных игольчатых
Св.80 до 260	g6; f6; js6	G6; G7		
Св.260 до 500			H8	
Св.500 до 1600	f6; js6	F7; F8		
Нагрузка с ударами и вибрацией, перегрузка до 300%				
До 80		Js6; Js7		Все типы, кроме штампованных игольчатых, роликовых конических двухрядных
Св.80 до 260	h5; h6	H6; H7	Js6; Js7	
Св.260 до 500				
Св.500 до 1600	g5; g6			
До 120	h5; h6	H6; H7	Js6; Js7	Роликовые конические двухрядные
Св.120 до 1600	g5; g6			
Независимо от характера нагрузки				
Все размеры диаметров	h5; h6 или js5; js6	K6; K7 или Js6; Js7	Js6; Js7 (в стальной стакан)	Роликовые игольчатые штампованные

Таблица П.1.21

Точность размеров, формы и взаимного расположения поверхностей внутренних и наружных колец подшипников качения классов точности Р0 и Р6 (ГОСТ 520-71)

Номинальные диаметры, мм	Допуск, мкм												
	На диаметр отверстия внутреннего кольца $d_{ср.}$			На диаметр вала наружного кольца, $D_{ср.}$			На ширину кольца В			Биения заплечиков			
	Классы точности подшипников качения												
	0,6 верх.	0 ниж.	6 ниж.	0,6 верх.	0 ниж.	6 ниж.	0,6 верх.	0 ниж.	6 ниж.	0 вал	6 вал	0 отверстие	6 отверстие
До 18	0	-8	-7	0	-8	-7	0	120	-120	20	10	40	20
Св.18 до 30	0	-10	-8	0	-9	-8	0	-120	-120	20	10	40	20
Св.30 до 50	0	-12	-10	0	-11	-9	0	-120	-120	20	10	40	20
Св.50 до 80	0	-15	-12	0	-13	-11	0	-150	-150	25	12	40	20
Св.80 до 120	0	-20	-15	0	-15	-13	0	-200	-200	25	12	45	22
Св.120 до 150	0	-25	-18	0	-18	-15	0	-250	-250	30	15	50	25
Св.150 до 180	0	-25	-18	0	-25	-18	0	-250	-250	30	15	60	30
Св.180 до 250	0	-30	-22	0	-30	-20	0	-300	-300	30	15	70	35
Св.250 до 315	0	-35	-25	0	-35	-25	0	-350	-350	35	17	80	40
Св.315 до 400	0	-40	-30	0	-40	-28	0	-400	-400	40	20	90	45
Св.400 до 500	0	-45	-35	0	-45	-33	0	-450	-450	45	23	110	50

Таблица П.1.22

Задание №1. Определение точности геометрических параметров и посадок гладких цилиндрических соединений

№ варианта	Номинальный диаметр соед., мм	Поле допуска		№ варианта	Номинальный диаметр соед., мм	Поле допуска	
		отверстия	вала			отверстия	вала
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
1	50	P7	h7	51	180	C11	h10
2	16	H8	f7	52	96	U8	h7
3	160	H7	js6	53	16	H8	d8
4	25	H7	m6	54	12	H7	p6
5	120	K8	h7	55	30	H7	u8
6	95	H8	n6	56	100	F9	h7
7	12	F8	h6	57	35	H9	c8
8	10	F9	h8	58	50	D11	h11
9	32	M8	h7	59	110	G7	h6
10	125	H11	d11	60	150	R7	h6
11	220	U8	h7	61	132	H7	k7
12	30	R6	n5	62	85	H6	n5
13	105	H8	f8	63	90	M7	h6
14	15	H7	z6	64	130	M8	h7
15	85	K7	h6	65	180	H12	b12
16	70	H7	m6	66	125	K7	f7
17	60	F9	h9	67	45	H8	x8
18	80	H11	d11	68	150	H8	u8
19	130	H6	g5	69	45	F9	h9
20	38	C11	h11	70	16	H6	g5
21	42	F7	k6	71	25	H8	k7
22	90	Js6	h6	72	110	H7	js6
23	170	N8	h7	73	180	H9	f9
24	125	D9	h8	74	150	H11	a11
25	190	H8	h8	75	120	S7	js6

Окончание табл. П.1.22

№ варианта	Номинальный диаметр соед., мм	Поле допуска № варианта		№ варианта	Номинальный диаметр соед., мм	Поле допуска	
		отверстие	вала			отверстие	вала
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
26	52	F7	h6	76	170	H8	k7
27	5	H12	h12	77	180	M7	h5
28	16	H7	m6	78	150	H6	k5
29	160	H8	x8	79	140	H8	u8
30	25	H7	e7	80	125	K7	h6
31	120	D9	h8	81	100	H8	g6
32	95	H8	u8	82	90	H12	h12
33	12	H8	f7	83	80	F7	h6
34	10	H7	m7	84	55	D11	h11
35	32	M8	m7	85	28	H7	n6
36	125	N6	h5	86	30	H8	k7
37	220	E8	js5	87	250	H7	s6
38	5	H8	s7	88	4	H8	m6
39	118	Js8	h7	89	8	H10	h10
40	10	Js7	h7	90	260	K6	js6
41	12	Js8	k6	91	120	H8	m7
42	32	H11	z8	92	60	H12	b12
43	240	S7	h6	93	190	F7	h6
44	110	K5	h5	94	180	D11	h11
45	155	F9	g6	95	122	H11	a11
46	82	H7	n6	96	110	H8	e8
47	95	N8	h7	97	220	F9	h9
48	320	H10	m6	98	15	H7	e7
49	18	D11	m6	99	24	H6	g5
50	140	H7	s6	100	50	U8	h6

Таблица П.1.23

Задание №2. Расчет и выбор допусков и посадок подшипников качения на вал и корпус

№ варианта	№ подшипника	Радиальная нагрузка, Н	Вращается деталь	№ варианта	№ подшипника	Радиальная нагрузка, Н	Вращается деталь
1	210	14000	вал	51	311	45000	корпус
2	215	15000	корпус	52	315	50000	вал
3	306	20000	вал	53	318	55000	вал
4	405	35000	вал	54	217	10000	вал
5	312	24000	корпус	55	218	12000	корпус
6	209	17000	вал	56	220	15000	вал
7	411	40000	вал	57	413	48000	вал
8	412	45000	корпус	58	205	1500	вал
9	205	8000	вал	59	206	1800	вал
10	206	9000	вал	60	207	2000	вал
11	207	12000	вал	61	208	2500	вал
12	308	15000	вал	62	209	3000	вал
13	310	18000	вал	63	210	5000	вал
14	306	18000	корпус	64	211	6500	вал
15	205	4000	вал	65	212	8500	вал
16	308	12000	вал	66	213	9000	корпус
17	305	8000	вал	67	214	11000	вал
18	409	18000	корпус	68	215	12500	корпус
19	310	15000	вал	69	216	13000	корпус
20	208	10000	вал	70	217	14000	корпус
21	407	17000	вал	71	218	15000	вал
22	306	9000	корпус	72	408	25000	корпус
23	314	20000	вал	73	220	1500	вал
24	315	25000	вал	74	305	2500	вал
25	410	30000	корпус	75	306	3500	вал

Окончание табл. П.1.23

№ варианта	№ подшипника	Радиальная нагрузка, Н	Вращается деталь	№ варианта	№ подшипника	Радиальная нагрузка, Н	Вращается деталь
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*
26	406	16000	вал	76	307	4800	вал
27	212	3000	вал	77	308	5900	вал
28	308	25000	вал	78	309	8000	корпус
29	312	5000	вал	79	310	5900	вал
30	405	4000	корпус	80	311	11000	вал
31	406	4500	корпус	81	312	14500	вал
32	407	5000	корпус	82	316	18300	корпус
33	408	6000	вал	83	317	21000	корпус
34	409	12000	вал	84	318	23500	корпус
35	410	32000	вал	85	412	27500	корпус
36	412	9500	корпус	86	413	30000	вал
37	414	15000	вал	87	412	28000	вал
38	307	4500	вал	88	413	31000	корпус
39	309	6000	вал	89	308	12000	корпус
40	310	9000	корпус	90	315	15000	вал
41	312	12000	вал	91	405	24000	вал
42	207	3500	вал	92	408	26000	вал
43	208	4000	вал	93	410	28000	корпус
44	211	5500	вал	94	416	30000	вал
45	214	18000	вал	95	413	29000	вал
46	207	2500	вал	96	414	31000	корпус
47	209	3600	вал	97	415	32000	вал
48	213	5800	вал	98	416	35000	корпус
49	309	33000	корпус	99	207	13000	вал
50	310	40000	вал	100	208	14000	вал

Таблица П.1.24

Задание 3. Расчет посадки с натягом

№ варианта	Номинальный диаметр, $d_н$, мм	Внутренний диаметр вала,	Наружный диаметр втулки d_2, мм	Длина сопряжения ℓ, мм	Осевая нагрузка P_a, Н	Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м	Материал	
							отверстия	вала
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	40	30	50	25	–	100	СЧ18-36	Бр ОЦС
2	74	58	84	60	30	–	СЧ18-36	Сталь 40
3	425	200	500	35	–	500	18ХГТ	СЧ18-36
4	95	85	125	40	–	400	Сталь 45	Сталь 40
5	22	15	40	20	30	9	СЧ18-36	Бр ОЦС
6	25	20	36	25	–	15	СЧ15-32	Бр ОЦС
7	32	25	40	40	–	25	СЧ18-36	Бр ОЦС
8	20	15	28	20	–	15	СЧ18-36	АСЧ-1
9	58	50	76	60	–	7	Сталь 45	Сталь 40
10	31	25	50	30	–	80	СЧ18-36	Сталь 45
11	35	10	50	25	30	80	Сталь 40Х	СЧ18-36
12	52	30	70	50	50	600	Сталь 45	18ХГТ
13	26	20	50	40	–	25	Сталь 18Х	Бр ОЦС
14	22	17	32	25	30	20	СЧ18-36	Бр ОЦС
15	20	14	30	30	25	20	Сталь 40	Бр ОЦС
16	38	20	60	30	–	25	Сталь 45	Сталь 40
17	40	22	65	50	–	40	Сталь 40Х	СЧ18-36
18	10	0	25	20	–	20	Сталь 40Х	Сталь 40
19	55	45	70	40	20	130	15ХГТ	Сталь 25Х
20	31	20	40	45	150	-	СЧ15-32	АСЧ-2
21	56	50	65	50	–	14	Сталь 40	АСЧ-2
22	32	22	45	50	180	–	СЧ15-32	АСЧ-2
23	38	30	70	35	–	450	30ХГТ	БрОФ10
24	42	34	50	30	–	20	СЧ28-48	Бр ОЦС
25	17	0	30	25	–	13	СЧ18-36	Сталь 40Х

Продолжение табл. П.1.24

№ варианта	Номинальный диаметр, d_0, мм	Внутренний диаметр вала, d_1, мм	Наружный диаметр втулки d_2, мм	Длина сопряжения ℓ, мм	Осевая нагрузка P_0, Н	Крутящий момент $M_{тр}$, Н·м	Материал	
							отверстия	вала
26	14	12	25	30	155	–	Сталь 40Х	Бр ОЦС
27	17	12	28	20	110	–	СЧ18-36	Бр ОЦС
28	56	50	70	50	120	50	Сталь 45	Бр ОЦС
29	71	0	90	40	150	–	Сталь 50	Сталь 45Г
30	22	17	26	15	–	25	Бр ОЦС	Сталь 40
31	25	0	40	10	–	75	Сталь 20	Сталь 40
32	24	18	28	18	–	30	Бр ОЦС	Сталь 40
33	48	40	58	50	–	350	СЧ18-36	Сталь 40Х
34	70	52	80	55	20	15	СЧ18-36	Сталь 40
35	90	80	110	90	40	50	Бр ОЦС	Сталь 40
36	30	25	40	30	–	105	Бр ОЦС	Сталь 45
37	95	85	170	40	–	500	Сталь 45	Сталь 45
38	430	200	500	40	–	400	Сталь 18Х	СЧ18-36
39	24	15	38	30	15	80	СЧ18-36	Бр ОЦС
40	26	20	36	40	–	120	СЧ18-36	Бр ОЦС
41	25	20	36	30	–	65	СЧ15-32	Бр ОЦС
42	20	15	28	20	–	20	СЧ18-36	АСЧ-1
43	58	50	78	65	–	70	Сталь 45	Сталь 40
44	85	75	110	80	950	-	Сталь 45	Сталь 40Х
45	50	40	75	30	–	65	18ХГТ	Сталь 40
46	34	25	54	35	–	55	СЧ18-36	Сталь 40
47	390	120	430	30	–	120	18ХГТ	СЧ18-36
48	28	20	48	40	–	30	Сталь 40Х	Бр ОЦС
49	22	17	30	25	–	25	СЧ18-36	Бр ОЦС
50	20	14	30	30	10	15	Бр ОЦС	Сталь 40

Продолжение табл. П.1.24

№ варианта	Номинальный диаметр, d_1, мм	Внутренний диаметр вала, d_1, мм	Наружный диаметр втулки d_2, мм	Длина сопряжения l, мм	Осевая нагрузка P_0, Н	Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м	Материал	
							отверстия	вала
51	8	0	12	15	–	15	Сч18-36	Сталь 40Х
52	125	110	140	70	–	35	СЧ18-36	Бр ОЦС
53	15	0	32	35	–	18	СЧ21-40	Сталь 40
54	26	10	50	25	–	40	Сталь 40	Сталь 40Х
55	58	50	68	55	–	120	Сталь 40	АСЧ-2
56	42	35	50	25	–	60	18ХГТ	Бр ОЦС
57	42	32	72	40	–	370	30ХГТ	Бр ОЦС
58	55	45	75	50	–	470	25ХГТ	Бр ОЦС
59	20	0	35	25	–	17	СЧ18-36	Сталь 40Х
60	22	16	38	20	–	18	СЧ18-36	Бр ОЦС
61	40	0	55	60	–	70	СЧ18-36	Сталь 40
62	40	30	60	50	–	38	СЧ15-32	Бр ОЦС
63	34	20	50	20	15	20	СЧ18-36	Бр ОЦС
64	28	20	40	22	10	15	СЧ15-32	Бр ОЦС
65	26	20	42	30	–	25	СЧ18-36	Бр ОЦС
66	20	16	30	25	–	20	СЧ18-36	Бр ОЦС
67	42	34	55	45	–	30	Сталь 18Х	Бр ОЦС
68	75	55	85	40	–	60	Сталь 45	Сталь 45
69	24	14	35	20	15	50	СЧ18-36	Бр ОЦС
70	32	20	40	40	–	250	СЧ18-36	Бр ОЦС
71	30	0	42	15	–	200	СЧ15-32	Бр ОЦС
72	50	20	80	25	–	400	Сталь 18Х	Бр ОЦС
73	70	40	85	30	–	30	18ХГТ	СЧ18-36
74	25	10	40	22	–	20	СЧ18-36	Бр ОЦС
75	25	15	36	20	40	10	СЧ18-36	АСЧ-1

Окончание табл. П.1.24

№ варианта	Номинальный диаметр, $d_н$, мм	Внутренний диаметр вала, d_1, мм	Наружный диаметр втулки d_2, мм	Длина сопряжения ℓ, мм	Осевая нагрузка P_o, Н	Крутящий момент $M_{кр}$, Н·м	Материал	
							отверстия	вала
76	17	17	24	25	20	6	Бр ОЦС	Сталь 40
77	8	0	15	10	10	5	СЧ18-36	Сталь 40
78	22	12	30	30	–	100	Сталь 40Г	Сталь 40Х
79	15	5	28	30	–	60	СЧ21-40	Сталь 40
80	36	16	50	25	–	120	СЧ15-32	Бр ОЦС
81	35	15	45	20	–	50	18ХГТ	Бр ОЦС
82	48	28	70	50	–	300	Сталь 25Х	Бр ОЦС
83	19	10	30	12	–	15	СЧ18-36	Бр ОЦС
84	19	0	40	25	–	12	СЧ18-36	Бр ОЦС
85	35	15	50	50	–	55	СЧ15-32	Сталь 40
86	19	10	60	15	50	-	СЧ15-32	Бр ОЦС
87	45	35	80	60	–	45	СЧ18-36	Бр ОЦС
88	14	0	30	25	62	17	СЧ18-36	Бр ОЦС
89	8	0	40	16	10	8	СЧ18-36	Сталь 45
90	16	6	26	10	–	21	СЧ15-32	Бр ОЦС
91	14	0	25	30	80	–	Сталь 40Г	Бр ОЦС
92	56	50	70	50	120	50	Сталь 45Г2	Бр ОЦС
93	16	10	24	15	85	–	СЧ18-36	Сталь 40Х
94	19	14	70	14	75	–	18ХГТ	Бр ОЦС
95	30	17	45	50	–	25	СЧ15-32	Бр ОЦС
96	16	0	30	55	–	35	Сталь 25Х	Сталь 40
97	20	12	26	20	100	–	СЧ18-36	Сталь 40Х
98	24	18	30	36	–	30	Сталь 40	Бр ОЦС
99	16	0	36	65	–	45	Сталь 30Х	Бр ОЦС
100	17	10	28	15	120	–	СЧ18-36	Бр ОЦС

Приложение 2

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКАЯ РАБОТА

по дисциплине
«Метрология, стандартизация и сертификация»

Вариант 25

Выполнил:
студент И-3-1 Иванов И. И.

Проверил: доцент Черкашин Н.А.

Самара 20__

Рекомендуемая литература

1. Димов, Ю. В. Метрология, стандартизация и сертификация: учебник для вузов. 3-е изд. / Ю. В. Димов. – СПб: Питер, 2013. – 496 с.

2. Метрология. Стандартизация. Сертификация / под ред. В. М. Мишина. – М.: Изд-во ЮНИТИ-ДАНА, 2009. – 495 с.

3. Допуски и посадки: справочник / М. А. Палей, А. В. Романов, В. А. Брагинский. В 2 ч. – 8-е изд., перераб. и доп. – СПб: Политехника, 2001. – 543 с.

4. Радкевич, Я. М. Метрология, стандартизация и сертификация : учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http: // rucont. ru/efd/196184?cldren=0.

5. Подшипники качения: справочник [Электронный ресурс] –Режим доступа: http: // http://www.ideal-tools. ru/sites/default/files/ stat/pk.pdf.

Оглавление

Предисловие 3
Требования к оформлению расчетно-графической работы . 4
Задание 1. Определение точности геометрических параметров и посадок гладких цилиндрических соединений 5
Задание 2. Расчет и выбор допусков и посадок подшипников качения на вал и в корпус 15
Задание 3. Расчет посадок с натягом 23
Рекомендуемая литература 37
Приложение 38

Учебное издание

Черкашин Николай Александрович
Жильцов Сергей Николаевич
Шигаева Виктория Владимировна

МЕТРОЛОГИЯ, СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

методические указания для выполнения
расчетно-графической работы

Подписано в печать 08.06.2023. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,22; печ. л. 5,62.
Тираж 50. Заказ № 138.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

С. Н Жильцов, М. С. Приказчиков

НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания для практических занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 631.3.004.67(07)
ББК 34.414
Ж72

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Жильцов, С. Н.

Ж72 Надёжность технических систем : методические указания / С. Н. Жильцов, М. С. Приказчиков. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022 – 79 с.

Методические указания содержат необходимый материал, который способствует приобретению практических навыков в области надёжности технических систем, контрольные вопросы, список рекомендуемой учебной литературы.

Учебное издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Жильцов С. Н.,
Приказчиков М. С., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к практическим занятиям по надёжности технических систем составлены в соответствии с требованиями образовательных программ подготовки студентов обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Цель методических указаний – способствовать формированию профессиональных компетенций в области надежности технических систем.

Практические занятия способствуют приобретению практических навыков, закрепляют и углубляют теоретические знания, развивают умение пользоваться справочной литературой и методиками оценки физической надёжности машин и определения показателей надежности различных технических объектов.

Практическое занятие № 1
ВЫБОР ПЛАНА ИСПЫТАНИЙ

Цель занятия: *освоить методику выбора плана испытаний и количества необходимых объектов.*

Теоретические сведения

Планы испытаний:

Планы определяют общую методику проведения испытаний: количество наблюдаемых объектов, характер действий после возникновения отказа и критерий прекращения испытаний.

Для обозначения плана испытаний используют символические обозначения из трех латинских букв: первая обозначает объем выборки, вторая - характер действий с отказавшими объектами, третья - критерий прекращения испытаний.

Согласно РД 10.2.8, который устанавливает порядок сбора и обработки информации о надежности сельскохозяйственной техники, рекомендованы следующие планы испытаний: [NUN]; [NUT]; [NUr]; [NRT]; [NRr],

где N – число объектов поставленных под наблюдение (объем выборки);

U – планы, в которых отказавшие объекты не заменяют новыми;

R – планы, в которых объекты в случае отказа заменяют на новые.

T – установленная продолжительность испытаний;

R – число отказов, до возникновения которых ведутся испытания;

Перечисленные планы трактуют следующим образом:

[NUN] – под наблюдение поставлено N объектов, испытания ведут до возникновения отказов (определения требуемых показателей) у всех объектов, отказавшие объекты не заменяют;

[NUT] – испытания ведут до наработки T;

[NUr] – испытания ведут до возникновения r отказов;

[NRT] – испытания ведут до наработки T, отказавшие объекты заменяют;

[NRr] – испытания ведут до возникновения r отказов, отказавшие объекты заменяют новыми или отремонтированными.

Виды информации:

Полная информация - у всех объектов проходивших испытания зафиксированы требуемые показатели или возникли отказы (план [NUN]).

Усеченная информация – отказы или требуемые показатели за время испытаний были зафиксированы не у всех объектов (планы [NUT], [NRr]).

Многократно усеченная информация - часть работоспособных объектов были преждевременно сняты с испытаний *(приостановлены)* либо заменены, при этом по ним не были зафиксированы требуемые показатели.

Выбор плана испытаний

При выборе учитывают относительную продолжительность, стоимость и точность соответствующих планов испытаний, сравнительная оценка эффективности которых приведена в таблице 1, а также показатель надежности, который требуется определить - таблица 2.

Таблица 1

Сравнительная эффективность планов испытаний

План испытаний	Средняя продолжительность	Средняя стоимость	Точность
[NUN]	-	-	+
[NUT], [NUr]	±	±	±
[NRT], [NRr]	+	+	-

Таблица 2

Рекомендуемые планы испытаний

Показатель надежности	Обозначение плана	Тип выборки
Средний ресурс, средняя наработка до отказа	[NUN]	Полная
Гамма - процентный ресурс, гамма - процентная наработка до отказа	[NUT], [NUr]	Усеченная
Вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, коэффициент готовности	[NRT], [NRr]	Многократно усеченная

Для определения числа испытываемых объектов задаются значениями точности δ и доверительной вероятности β в зависимости от предъявляемых к объекту от требований – таблица 3.

Таблица 3

Параметры δ и β для различных объектов испытаний

Объект	δ	β
Изделие в целом; деталь, обусловливающая внешний вид изделия	0,15…0,20	0,80…0,90
Базовая деталь	0,10…0,15	0,90…0,95
Детали, обеспечивающие безопасность изделия	0,05	0,90…0,95

В зависимости от механизма отказа по таблице 4 принимают наиболее вероятный закон распределения и значение коэффициента вариации V.

Таблица 4

Коэффициенты вариаций ресурса изделий машиностроения

Закон распределения	Вид предельного состояния, причина отказа	Коэффициент вариации, V
Нормальный, ЗНР	Достижение предельного состояния целого изделия	0,10…0,20
	Достижение предельного состояния агрегата	0,30
	Достижение предельного состояния деталей и узлов	0,30
	Наработка до предельного состояния при сочетании износа, коррозии и усталости	0,30
Вейбула, ЗРВ	Разрушение от усталости при изгибе и кручении	0,40…0,50
	Разрушение резьбовых соединений	0,70
	Межремонтный ресурс	0,60…0,80
	Разрушение от контактной усталости	0,70

После того, как приняты и обоснованы значения δ, β и V для выбранного плана испытаний определяют соответствующие параметры: N, r, T.

Для плана [NUN] (полная выборка) количество объектов для испытаний определяют по таблице 5 либо по формулам:

- при нормальном законе распределения:

$$\frac{t_{(2\beta-1)}}{\sqrt{N}} = \frac{\delta}{V} \qquad (1)$$

где $t_{(2\beta-1)}$ – коэффициент Стьюдента, для наложения доверительных границ при ЗНР, принимается по справочным таблицам, например [1];

- при законе распределения Вейбула:

$$\frac{2N}{r_{1(2\beta-1)}} = (\delta + 1)^b \qquad (2)$$

где b – параметр распределения Вейбула [1];

$r_{1(\beta,1)}$ – коэффициент, используемый при наложении доверительных границ для ЗРВ [1].

Таблица 5

Количество машин или их элементов (повторность информации) при односторонней доверительной вероятности

N	ЗНР δ/V			ЗРВ $(\delta+1)^b$		
	β=0,80	β =0,90	β =0,95	β =0,80	β =0,90	β =0,95
4	0,49	0,82	1,17	1,74	2,29	2,93
6	0,38	0,60	0,82	1,54	1,90	2,29
8	0,32	0,50	0,67	1,43	1,72	2,01
10	0,28	0,44	0,58	1,37	1,61	1,82
12	0,25	0,39	0,52	1,33	1,53	1,73
14	0,23	0,36	0,47	1,29	1,48	1,65
16	0,22	0,33	0,44	1,27	1,43	1,59
18	0,20	0,31	0,41	1,25	1,40	1,55
20	0,19	0,30	0,39	1,23	1,37	1,51
22	0,18	0,28	0,37	1,22	1,35	1,48
24	0,17	0,27	0,35	1,21	1,33	1,45
26	0,17	0,26	0,33	1,20	1,32	1,43
28	0,16	0,25	0,32	1,19	1,30	1,41
30	0,16	0,24	0,31	1,18	1,29	1,39
40	0,13	0,20	0,26	1,16	1,24	1,32
50	0,12	0,18	0,24	1,14	1,21	1,28
60	0,11	0,16	0,22	1,12	1,19	1,25
70	0,10	0,15	0,20	1,11	1,17	1,23
80	0,10	0,14	0,19	1,10	1,16	1,21
90	0,10	0,14	0,18	1,10	1,15	1,20
100	0,09	0,13	0,17	1,09	1,14	1,19

Расчет параметров для планов испытаний [NUT]; [NUr]; [NRT]; [NRr], рассмотрен в литературе [1], [2].

Задание 1

Определить объем выборки, необходимый для оценки среднего ресурса лемехов восстановленных на ремонтном предприятии.

Задание 2

Оценить точность полученной в результате испытаний лемехов информации (при параметрах, выбранных в задании 1), если коэффициент вариации полученный при обработке опытных дан-

ных больше ожидаемого в 1,5 раза. При необходимости уточните объем выборки.

Задание 3

Определить объем выборки, необходимый для оценки послеремонтного ресурса двигателей.

Контрольные вопросы

1. Какие планы испытаний применяют при испытании объектов в АПК?
2. Какие различают виды информации?
3. На основании чего выбирается тот или иной план испытаний?
4. Как определяется необходимое количество объектов для проведения испытаний?

Практическое занятие № 2
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ С ПОСТРОЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО РЯДА ИНФОРМАЦИИ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и построение статистического ряда информации.*

Построение статистического ряда информации

Для облегчения построения статистического ряда составляется сводная таблица (табл. 6) исходной информации в порядке возрастания показателей надежности (вариационный ряд).

Таблица 6

Вариационный ряд

№	Показатель надежности	№	Показатель надежности

Статистический ряд составляют в том случае, когда повторность информации N больше 25 значений.

Для построения статистического ряда вся информация разбивается на n интервалов:

$$n = \sqrt{N}, \qquad (3)$$

Полученный результат округляют в сторону увеличения, с тем, чтобы вся информация попала в статистический ряд. Количество интервалов не должно выходить за пределы $n = 6…20$.

Определяют величину интервала A по формуле:

$$A = \frac{t_{max} - t_{min}}{n}, \quad (4)$$

где t_{max}, t_{min} – наибольшее и наименьшее значения показателя надежности.

Для удобства расчетов величину интервала A округляют.

Статистический ряд информации (табл. 7) состоит из четырех строк. В первой строке указываются границы интервалов. Начало первого интервала совпадает с наименьшим значением ресурса. Окончание интервала получают путем прибавления к его началу величины интервала. Началом последующего интервала является окончание предыдущего.

Во второй строке – частота m_i характеризующая количество случаев попадания информации в каждый интервал.

В третьей – опытная вероятность P_i случайной величины определяется по формуле:

$$P_i = \frac{m_i}{N} \quad (5)$$

В четвертой – накопленная опытная вероятность ΣP_i получается путем последовательного суммирования опытных вероятностей P_i. Для первого интервала накопленная вероятность ΣP_1 равна опытной вероятности P_1. Для второго интервала: $\Sigma P_2 = P_1 + P_2$ и т.д.

Таблица 7

Статистический ряд информации

Интервалы тыс. мото-ч										
Частота, m_i										
Опытная вероятность, P_i										
Накопленная вероятность, ΣP_i										

Правильность построения статистического ряда может быть проверена по накопленной вероятности. Для последнего интервала $\Sigma P_i = 1$.

Проверка информации на выпадающие точки

В исходной информации, полученной в процессе наблюдения, могут быть данные, не свойственные общему закону распределения. Это получается в том случае, когда на испытания были поставлены отдельные машины с заведомо низким или повышенным ресурсом. Поэтому, перед окончательной математической обработкой информацию проверяют на выпадающие точки.

При выявлении выпавших точек, их необходимо отбросить, перестроить статистический ряд с повторением проверки.

Существует два метода проверки:

1) по правилу $\pm 3\sigma$

По правилу $\pm 3\sigma$ проверяют крайние точки (минимальное и максимальное значения ресурса). Если крайние точки информации не выходят за пределы $\bar{t} \pm 3\sigma$, то они являются действительными.

Т.е. точки, которые не вошли в данный интервал, являются выпавшими и их нельзя учитывать в дальнейшей обработке.

При наличии статического ряда среднее значение ресурса определяют по уравнению:

$$\bar{t} = \sum_{1}^{n} t_{ic} \cdot P_i \qquad (6)$$

где n – количество интервалов в статическом ряду;

t_{ic} – значение середины i-го интервала;

P_i – опытная вероятность i-го интервала.

Среднее квадратическое отклонение определяют по уравнению:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{1}^{n} (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i} \qquad (7)$$

2) по критерию λ (критерий Ирвина).

По критерию Ирвина можно проверить как крайние, так и любые другие смежные точки информации.

Фактическое значение критерия Ирвина определяют по формуле:

$$\lambda_{on} = \frac{1}{\sigma}(t_i - t_{i-1}) \qquad (8)$$

где t_i и t_{i-1} – смежные точки информации.

Полученное значение λ_{on} сравнивают с теоретическим λ_m.

Теоретические значения критерия Ирвина приведены в таблице П.1.1 приложения.

Если $\lambda_{on} > \lambda_m$, то проверяемая точка является выпавшей.

Построение полигона и кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда

У большинства показателей надежности тракторов и сельскохозяйственных машин (ресурс, стоимость и время восстановления) минимальные значения не равны нулю. При большой повторности полученной информации минимальное значение может оказаться меньше.

Так, для построения полигона и кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда и для оценки минимально возможного ресурса рассчитывают начало смещения, $t_{см}$.

$$t_{см} = t_{1н} - 0,5 \cdot A \qquad (9)$$

где $t_{1н}$ – нижний предел значения показателя надежности в первом интервале (наименьшее значение ресурса).

По оси абсцисс откладываются в масштабе значения показателя надежности (например ресурс), масштаб выбирается кратным величине интервала уточненного ряда. По оси ординат откладываются в масштабе опытная вероятность P_i (рис. 1) и накопленная вероятность ΣP_i (рис. 2).

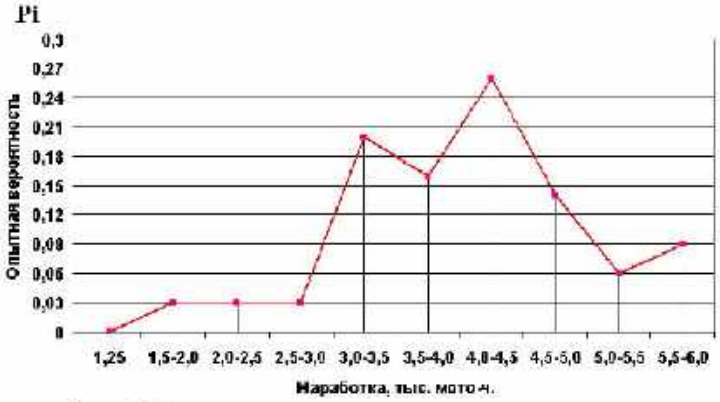


Рис. 1. Пример построения полигона распределения

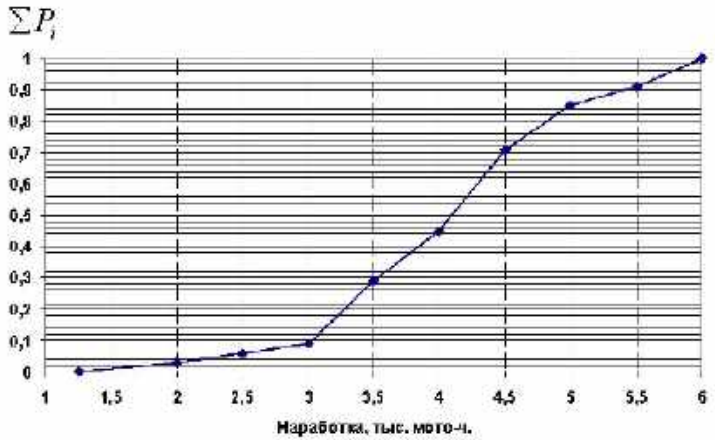


Рис. 2. Пример построения кривой
накопленных опытных вероятностей

Точки полигона образуются пересечением ординаты, равной опытной вероятности P_i в каждом интервале, и абсциссы, равной середине соответствующего интервала.

Точки кривой накопленных вероятностей образуются пересечением ординаты, равной накопленной вероятности ΣP_i в каждом интервале и абсциссы конца соответствующего интервала.

Полигон и кривая накопленных вероятностей начинаются с t_{cu} и получаются путем последовательного соединения отрезками прямых отдельных точек полигона и кривой накопленных вероятностей.

Задание 1

Используя исходные данные построить статистический ряд информации.

Задание 2

Провести проверку информации на выпадающие точки (по правилу $\pm 3\sigma$), при обнаружении впавших точек провести перестроение статического ряда информации (с учетом выпавших точек).

Задание 3

Построить полигон и кривую накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда.

Исходные данные: В условия рядовой эксплуатации под наблюдением (план NUN) находились 70 двигателей (повторность информации N=70). По ним при возникновении ресурсных отказов фиксировалась наработка в мотто-часах. Информация по доремонтному ресурсу двигателей приведена ниже.

2010; 1870; 3060; 3200; 3210; 3480; 4370; 5840; 7800; 4470; 4930; 4130; 4180; 4300; 3300; 2900; 3610; 3620; 3790; 4420; 4470; 4600; 4820; 4850; 5100; 5210; 1500; 3300; 3260; 2010; 2720; 3420; 3900; 3970; 4000; 4210; 4300; 4380; 4990; 5400; 5900; 5970; 3020; 3060; 3180; 3810; 3700; 4130; 4260; 5950; 5790; 4990; 4730; 4490; 3210; 3300; 3460; 3580; 3920; 3940; 4000; 4100; 4230; 4350; 4490; 4570; 4710; 4910; 5350; 5670.

Контрольные вопросы

1. Когда и каким образом производится построение статистического ряда информации?

2. Как определяется частота, опытная и накопленная вероятность?

3. Какие существуют методы проверки информации на выпадающие точки?

4. Как определяют среднее квадратическое отклонение?

5. Как выполняется построение полигона распределения показателя надежности по данным статистического ряда?

6. Как выполняется построение кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда?

Практическое занятие № 3
РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ЗНР И ЗРВ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и методы расчета значений дифференциальных и интегральных функций теоретических законов распределения (ЗНР и ЗРВ).*

Расчет коэффициента вариации

Для обеспечения возможности расчета показателей надежности с необходимой точностью опытную информацию выравнивают, подбирая для ее описания тот или иной теоретический закон распределения (ТЗР). Существует несколько методов выбора ТЗР. Один из них по коэффициенту вариации V:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t} - C} \tag{10}$$

где $\bar{t}$ – средний ресурс;

C – средний ресурс;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Если V<0,30, то принимают закон нормального распределения (ЗНР), если V>0,50, то – закон распределения Вейбулла (ЗРВ). Если значение коэффициента вариации находится в интервале от 0,30 до 0,50, то выбирают тот закон, который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации.

Для этого необходимо рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций в каждом интервале статистического ряда для рассматриваемых законов распределения.

Расчет дифференциальных и интегральных функций для закона нормального распределения

Для нормального закона распределения точки дифференциальной кривой определяются по формуле:

$$f(t) = \frac{A}{\sigma} f_0 \left(\frac{\left| t_{ic} - \bar{t} \right|}{\sigma} \right) \tag{11}$$

где A – величину интервала;

f_0 – центрированная дифференциальная функция ЗНР;

t_{ic} – середина i-го (каждого) интервала.

Значения f_0 принимаются по таблице П.1.2 приложения в зависимости от отношения $\frac{\left| t_{ic} - \bar{t} \right|}{\sigma}$.

Точки интегральной функции $F(t)$ определяются по формуле:

$$F(t) = F_0 \cdot \left(\frac{t_{ik} - \bar{t}}{\sigma} \right) \tag{12}$$

где F_0 – центрированная интегральная функция ЗНР;

t_{ik} – конец i-го интервала.

Значения F_0 принимаются по таблице П.1.3 приложения.

При отрицательных значениях аргумента используют формулу:

$$F_0(-t) = 1 - F_0(+t) \qquad (13)$$

Результаты расчета интегральных и дифференциальных функций сводятся в таблицу 8.

Таблица 8

Сводная таблица теоретических распределений

Интервал, тыс. мото-ч	Дифференциальная функция		Интегральная функция	
	ЗНР	ЗРВ	ЗНР	ЗРВ
1,5-2,0				
2,0-2,5				
2,5-3,0				
3,0-3,5				
3,5-4,0				
4,0-4,5				
4,5-5,0				
5,5-6,0				
6,0-6,5				

Расчет дифференциальных и интегральных функций для закона распределения Вейбулла

Для расчета значений интегральных и дифференциальных функций закона распределения Вейбулла вначале по таблице П.1.4 приложения определяются его параметр b и коэффициент $Св$. Вход в таблицу осуществляется по коэффициенту вариации V. По коэффициенту $Св$ рассчитывается параметр a:

$$a = \frac{\sigma}{c_в} \qquad (14)$$

а по нему отношение

$$\frac{t_{ik} - C}{a} \qquad (15)$$

для каждого интервала статистического ряда.

Значение дифференциальной функции ЗРВ определяют по формуле:

$$f(t) = \frac{A}{a} f\left(\frac{t_{ik} - C}{a}\right) \qquad (16)$$

где f – центрированная дифференциальная функция ЗРВ, значения которой принимаются по таблице П.1.5 приложения;

C – смещение начала рассеивания;

A – величина интервала.

Значения интегральной функции ЗРВ определяют по формуле:

$$F(t) = F\left(\frac{t_{iK} - C}{a}\right) \qquad (17)$$

где F – табулированная интегральная функция ЗРВ, значения которой принимают по таблице П.1.6 приложения. Вход в таблицу осуществляют по значениям аргумента и параметра b.

Приближенно значение дифференциальной функции для ЗРВ в i-ом интервале статистического ряда можно найти как разность значений интегральных функций в конце $F(t_{ic})$ и начале $F(t_{ik})$ этого же интервала:

$$f(t_{ic}) = F(t_{ik}) - F(t_{ik}) \qquad (18)$$

Результаты расчета интегральных и дифференциальных функций так же сводятся в таблицу 8.

Задание 1

Используя исходные данные рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций теоретических законов распределения (ЗНР и ЗРВ). Результаты расчетов оформить в виде таблицы 8.

Исходные данные:

Уточненный статистический ряд

Интервалы тыс. мото-ч	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0
Частота, m_i	2	2	2	14	11	18	10	4	6
Опытная вероятность, P_i	0,03	0,03	0,03	0,20	0,16	0,26	0,14	0,06	0,09
Накопленная вероятность, ΣP_i	0,03	0,06	0,09	0,29	0,45	0,71	0,85	0,91	1,00

$N = 69$; $n = 9$; $A = 500$ мото-ч.; $C = 1250$ мото-ч.;

средний ресурс, $\bar{t} = 4050$ мото-ч.;

среднеквадратическое отклонение $\sigma = 925$ мото-ч.;

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности расчета интегральных и дифференциальных функций ЗНР и ЗРВ?

2. Как определить значения дифференциальной функции, если известны значений интегральной функции?

Практическое занятие № 4
МЕТОДЫ ВЫБОРА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и методы выбора теоретического закона распределения (ТЗР) по показателям надежности.*

Общие сведения выбора ТЗР по критериям согласия

Физический смысл выбора закона (проверки) по критериям согласия заключается в определении степени расхождения между опытной и теоретической вероятностью. При этом в качестве меры совпадения (или расхождения) принимают различные параметры: сумму квадратов отклонения теоретических вероятностей от опытных, наибольшее или суммарное отклонение кривой накопленных опытных вероятностей от интегральной кривой теоретического закона распределения и т.д.

Критерий согласия является случайной величиной и, следовательно, подчиняется определенному закону распределения. Поэтому по величине критерия согласия в каждом случае можно определить вероятность совпадения опытных и теоретических функций и принять или отбросить выбранный теоретический закон распределения показателя надежности.

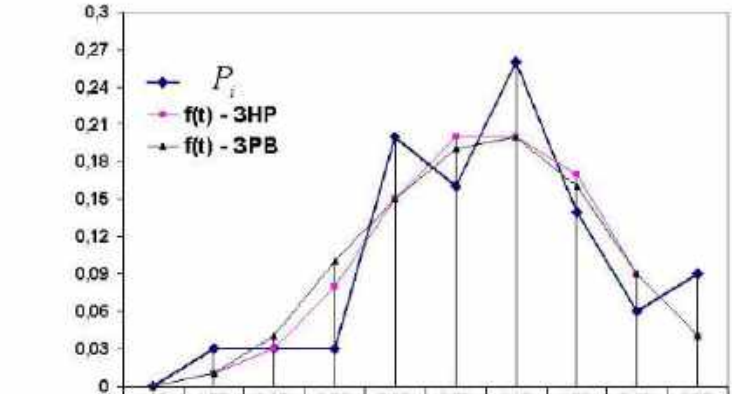
Следует иметь ввиду, что как бы ни была велика вероятность совпадения, она свидетельствует только о том, что выбранный закон не противоречит опытным данным, но не гарантирует того, что этот закон в данном случае лучше, чем какой-либо другой, выравнивает опытную информацию. Поэтому наиболее удачно используют критерии согласия тогда, когда необходимо один теоретический закон из двух или нескольких.

Выбор теоретического закона распределения по коэффициенту вариации

Если $V<0{,}30$, то принимают закон нормального распределения (ЗНР), если $V>0{,}50$, то – закон распределения Вейбулла (ЗРВ). Если значение коэффициента вариации находится в интервале от 0,30 до 0,50, то выбирают тот закон, который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации.

Для этого необходимо рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций в каждом интервале статистического ряда для рассматриваемых законов распределения.

Затем провести визуальный анализ сходимости опытной и теоретической информации по полигону распределения (рис. 3) и дифференциальным функциям рассматриваемых законов (рис. 4). Предпочтение отдается тому закону, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации (визуальный анализ графических зависимостей).



	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75
P_i	0	0,03	0,03	0,03	0,2	0,16	0,26	0,14	0,06	0,09
f(t) - ЗНР	0	0,01	0,03	0,08	0,15	0,2	0,2	0,17	0,09	0,04
f(t) - ЗРВ	0	0,01	0,04	0,1	0,15	0,19	0,2	0,16	0,09	0,04

Рис. 3. Пример построения полигона распределения информации рассматриваемых законов

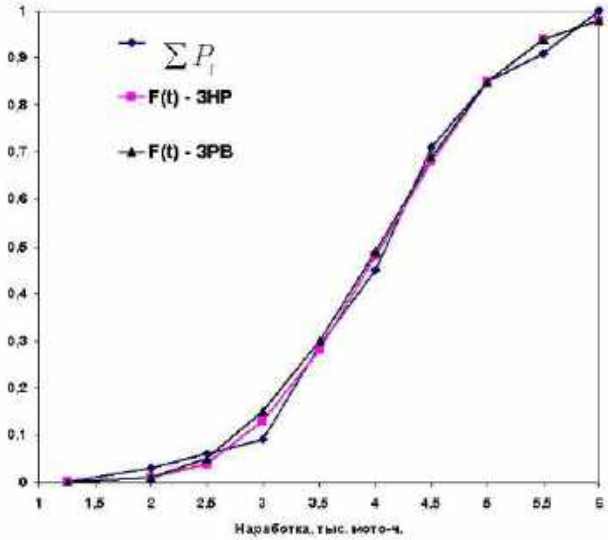


Рис. 4. Пример построения кривых накопленных опытных вероятностей рассматриваемых законов

Если визуальный анализ показывает, что явно не просматривается закон теоретического распределения, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации и как следствие сложно отдать предпочтение в пользу ЗНР или ЗРВ выбор ТЗР следует производить по критериям согласия.

Выбор теоретического закона распределения по критериям согласия и вероятности совпадения опытных и теоретических данных

Если визуальный анализ сходимости информации не позволит выявить лучший закон распределения, то это осуществляется по критериям согласия и вероятности совпадения опытных и теоретических данных.

В теории вероятности применяют несколько критериев согласия (Колмогорова, Стьюдента и др.). Наиболее простым критерием проверки гипотезы о виде закона распределения является критерий, предложенный академиком А.Н. Колмогоровым:

$$\lambda = \left| \sum P_n(t) - F(t) \right|_{\max} \cdot \sqrt{N} = D_{\max} \cdot \sqrt{N} , \qquad (19)$$

где $\Sigma P_n(t)$ – значение накопленной опытной вероятности;

$F(t)$ – значение интегральной функции ТЗР;

$D_{\max}$ – максимальный модуль разности значений опытной накопленной вероятности и теоретической функции распределения (по всем интервалам выборки);

N – объем выборки.

По значению параметра λ по справочным таблицам (прил. табл. П.1.7) определяют вероятность соответствия $P(\lambda)$. При $P(\lambda)$ больше 0,2 считают, что принятый теоретический закон распределения согласуется с исходной информацией и может быть принят в качестве характеристики исследуемого явления.

Для оценки показателей надежности чаще используется критерий согласия Пирсона χ^2:

$$\chi^2 = \sum_{1}^{n_y} \frac{(m_i - m_{mi})^2}{m_{mi}} \qquad (20)$$

где n_y – количество укрупненных интервалов;

m_i – опытная частота в i-ом интервале;

m_{mi} – теоретическая частота в i-ом интервале.

Эта формула может быть использована при соблюдении следующих условий. Частота в каждом интервале $m_i \geq 5$. Если уточненный статистический ряд не удовлетворяет этому условию, то проводят его укрупнение, объединяя те интервалы, в которых $m_i < 5$. При этом количество укрупненных интервалов $n_y \geq 4$.

Теоретические частоты подсчитываются по формуле:

$$m_{mi} = N\,[F(t_{ix}) - F(t_{iн})] \quad \text{или} \quad m_{mi} = N\,f(t_i) \qquad (21)$$

где $F(t_{ix})$, $F(t_{iн})$ – соответственно значения интегральных функций в конце и начале i-го интервала.

$f(t_i)$ – значения дифференциальных функций.

По результатам укрупнения статистического ряда и расчета теоретических частот ТЗР необходимо заполнить таблицу 9:

Таблица 9

Расчет теоретических частот ТЗР

Интервал, тыс. мото-ч.	Опытная частота, m_i	Закон нормального распределения (ЗНР)		Закон распеределения Вейбулла (ЗРВ)	
		Дифференциальная функция	Теоретическая частота m_{ni}	Дифференциальная функция	Теоретическая частота m_{ni}
1,5-3,0					
3,0-3,5					
3,5-4,0					
4,0-4,5					
4,5-5,0					
5,0-6,0					

Тот закон распределения, у которого χ^2 окажется наименьшим, лучше описывает выравниваемую опытную информацию. Но прежде чем его в дальнейшем использовать, необходимо определить вероятность совпадения опытных и теоретических данных. Для этого рассчитывается число степеней свободы:

$$r = n_y - k \qquad (22)$$

где k – число обязательных связей.

Для ЗНР и ЗРВ число обязательных связей равно трем: две связи – два параметра распределения и третья связь ΣPi=1,0.

Вероятность совпадения определяется по таблице П.1.8 приложения. Критической вероятностью совпадения принято считать P=10 %. Если P<10 %, то выбранный для выравнивания теоретический закон распределения считается непригодным.

Задание 1

По исходным данным построить кривые дифференциальной $f(t)$ и интегральной $F(t)$ функций ЗНР и ЗРВ, нанеся их на полигон и кривую накопленных опытных вероятностей.

При построении графиков $f(t)$ точки наносят по серединам интервалов, а значения $F(t)$ – по концам соответствующих интервалов. Графики начинают с начала рассеивания C, точки соединяют прямыми линиями.

Задание 2

Провести визуальный анализ сходимости опытной и теоретической информации по полигону распределения и дифференциальным функциям рассматриваемых законов. Предпочтение отдается тому закону, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации.

Задание 3

Произвести укрупнение статистического ряда информации и рассчитать значения теоретических частот ТЗР (табл. 9).

Задание 4

Рассчитать критерий согласия Пирсона χ^2, проанализировать результаты расчета и выбрать ТЗР лучше описывающий выравниваемую опытную информацию.

Исходные данные:

Сводная таблица теоретических распределений

Интервал, тыс. мото-ч	Дифференциальная функция		Интегральная функция	
	ЗНР	ЗРВ	ЗНР	ЗРВ
1,5-2,0	0,01	0,01	0,01	0,01
2,0-2,5	0,03	0,04	0,05	0,05
2,5-3,0	0,08	0,10	0,13	0,15
3,0-3,5	0,15	0,15	0,27	0,30
3,5-4,0	0,21	0,19	0,48	0,49
4,0-4,5	0,21	0,20	0,69	0,69
4,5-5,0	0,16	0,15	0,85	0,84
5,5-6,0	0,09	0,09	0,94	0,94
6,0-6,5	0,04	0,04	0,98	0,98

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы выбора теоретического закона распределения случайной величины?

2. В каком случае можно предположить, что распределение случайной величины подчинено закону распределения Вейбулла?

3. Какие существуют методы выбора теоретического закона распределения случайной величины?

4. В каком случае можно предположить, что распределение случайной величины подчинено закону распределения Вейбулла?

5. Для чего используют критерии согласия?

6. Какие критерии согласия вы знаете?

7. С какой целью производится укрупнение статистического ряда информации?
8. Как определяют теоретическую частоту?
9. Что такое число степеней свободы?
10. Как определяется вероятность совпадения опытных и теоретических данных?
11. В каком случае выбранный для выравнивания теоретический закон распределения считают непригодным?

Практическое занятие № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ГРАНИЦ РАССЕИВАНИЯ ОДИНОЧНОГО И СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ И ОШИБКИ ПЕРЕНОСА

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и основы расчета доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности при различных ТЗР.*

Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения

В результате испытания (наблюдения) группы машин и обработки собранной при этом информации определяют количественные характеристики показателей надежности (среднее значение $\bar{t}$, среднее квадратическое отклонение σ, коэффициент вариации V и др.).

В дальнейшем значения этих характеристик должны быть перенесены (запланированы) на другие группы машин, работающие в других условиях. Естественно, что изменение количества машин в группе и условий их эксплуатации вызовет изменение количественных характеристик показателя надежности. Хотя эти изменения носят случайный характер, они происходят в определенных границах или в определенном интервале, величина которого зависит от многих факторов, в том числе и от количества машин в группе. Определение границ рассеивания показателей надежности, а следовательно, и определение возможной ошибки их переноса из одних условий в другие является одной из основных задач теории надежности.

Если было проведено наблюдение за N машинами и на этой основе определено среднее значение показателя надежности $\bar{t}$, то одиночное значение этого же показателя надежности у конкретной машины может в крайних случаях отличаться от $\bar{t}$ на величину $\pm 3\sigma$ при законе нормального распределения и на величину от $0{,}1\alpha$ до $2{,}5\alpha$ при законе распределения Вейбулла (α - параметр распределения Вейбулла).

Площадь под дифференциальной кривой β, ограниченная осью абсцисс и границами t^{H}_{β} и t^{B}_{β} равна в долях единицы или в процентах количеству одиночных показателей надежности, числовые значения которых попадают в указанный интервал I_{β} (рис. 5)

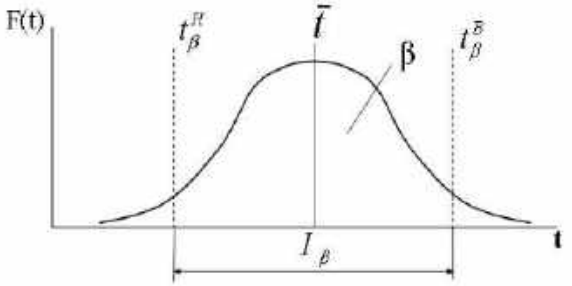


Рис. 5. Доверительные границы одиночного показателя надежности

Для нормального распределения площадь под дифференциальной кривой, или площадь охвата β, ограниченная протяженностью оси абсцисс $\pm 3\sigma$, составляет 0,997, или 99,7%. Следовательно, в 997 случаях из 1000 значение одиночного показателя надежности будет находиться в интервале значений от $\bar{t} + 3\sigma$ до $\bar{t} - 3\sigma$.

Такая высокая степень доверия расчета, охватывающего 99,7% всех возможных вариантов, является излишней при определении показателей надежности тракторов, сельскохозяйственных машин и их элементов.

Задаваясь заранее меньшими, чем 0,997 значениями площади охвата β, соответственно сближают границы рассеивания одиночного показателя надежности и тем самым уменьшают возможную погрешность расчета, хотя и за счет снижения степени доверия.

Площадь β, характеризует степень доверия расчета и гарантирует заданную вероятность попадания показателя надежности в соответствующий интервал его значений. Поэтому ее называют *доверительной вероятностью* β.

При расчете доверительных границ рассеивания показателей надежности рекомендуется применять следующие значения доверительных вероятностей β: 0,80; 0,90; 0,95; 0,99. В АПК обычно используют значения доверительных вероятностей 0,80 и 0,90.

Границы, в которых может колебаться значение показателя надежности при заданной доверительной вероятности β, называются нижней доверительной границей t^{H}_{β} и верхней доверительной границей t^{B}_{β}. Различают доверительные границы (ДГ) одиночного и среднего значения показателя надежности.

Определение доверительных границ и абсолютной ошибки переноса при ЗНР

Для определения доверительных границ рассеивания одиночного показателя надежности при законе нормального распределения (ЗНР) определяют абсолютную ошибку переноса (рис. 6) по формуле:

$$e_{\beta} = t_{\beta} \cdot \sigma \tag{23}$$

где t_{β} – коэффициент Стьюдента (табл. П.1.9 прил.).

Нижняя доверительная граница:

$$t^{H}_{\beta} = \bar{t} - t_{\beta} \cdot \sigma \tag{24}$$

Верхняя доверительная граница:

$$t^{B}_{\beta} = \bar{t} + t_{\beta} \cdot \sigma \tag{25}$$

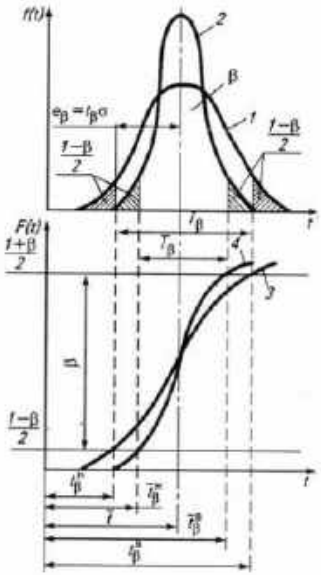


Рис. 6. Схема определения доверительных границ:
1 и 2, 3 и 4 – соответственно дифференциальная интегральная функции одиночного и среднего значения

Доверительный интервал:

$$I_\beta = t_\beta^B - t_\beta^H \tag{26}$$

Расчетная схема и физический смысл доверительных границ среднего значения показателя надежности те же, что и для одиночного показателя. Разница заключается в значении среднего квадратического отклонения.

Среднее квадратическое отклонение рассеивания среднего значения показателя надежности:

$$\sigma_t = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \tag{27}$$

Нижняя доверительная граница среднего значения:

$$\bar{t}_\beta^{\,H} = \bar{t} - t_\beta \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \qquad (28)$$

Верхняя доверительная граница среднего значения:

$$\bar{t}_\beta^{\,B} = \bar{t} + t_\beta \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \qquad (29)$$

Доверительный интервал среднего значения:

$$\bar{I}_\beta = \bar{t}_\beta^{\,B} - \bar{t}_\beta^{\,H} \qquad (30)$$

Доверительные границы при ЗНР симметричны относительно среднего значения показателя надежности (рис. 6).

Определение доверительных границ при ЗРВ

Доверительные границы при законе распределения Вейбулла не симметричны относительно среднего значения показателя надежности.

Нижнюю доверительную границу рассеивания одиночного значения показателя надежности определяют по формуле:

$$t_\beta^H = H_\kappa^B\left(\frac{1-\beta}{2}\right)a + C \qquad (31)$$

где H_K^B - квантиль ЗРВ (табл. П.1.10 прил.);

a – параметр распределения Вейбулла;

C – смещение начала рассеивания.

Верхняя доверительная граница одиночного значения:

$$t_\beta^B = H_\kappa^B\left(\frac{1+\beta}{2}\right)a + C\ , \qquad (32)$$

Доверительный интервал рассчитывается по формуле 26.

Доверительные границы рассеивания среднего значения показателя надежности при ЗРВ определяют по уравнениям:

$$\bar{t}_{\beta}^{\,в} = (\bar{t} - c) \cdot \sqrt[b]{r_3} + c, \tag{33}$$

$$\bar{t}_{\beta}^{\,н} = (\bar{t} - c) \cdot \sqrt[b]{r_1} + c, \tag{34}$$

где b – параметр распределения Вейбулла;

r_1 и r_3 – коэффициенты распределения Вейбулла (табл. П.1.9 прил.).

Доверительные границы наносят на дифференциальную кривую ТЗР.

Определение относительной ошибки переноса характеристик показателя надежности

Относительную ошибку переноса определяют при односторонней доверительной вероятности β_0 по формуле:

$$\delta_{\beta} = \frac{\left|\bar{t}_{\beta}^{\,во,но} - \bar{t}\right|}{\bar{t} - C} \cdot 100, \% \tag{35}$$

Следует отметить, что относительная ошибка переноса не должна превышать 20%.

Возможен расчет относительной ошибки при двусторонней доверительной вероятности, при этом, как правило, используют значение верхней доверительной границы.

$$\delta_{\beta} = \frac{\left|\bar{t}_{\beta}^{\,в} - \bar{t}\right|}{\bar{t} - C} \cdot 100 \tag{36}$$

Верхняя граница при ЗРВ из-за асимметрии дальше удалена от среднего значения показателя надежности, чем нижняя.

Задание 1

Используя полученные результаты практического занятия №3 и №4 определить доверительные границы рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности.

Контрольные вопросы

1. С какой целью, и каким образом устанавливают доверительные границы рассеивания одиночного и среднего показателя надежности?
2. Что характеризует доверительная вероятность?
3. Как определяют относительную ошибку переноса?

Практическое занятие № 6
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ ПРИ МАЛЫХ ВЫБОРКАХ

Цель занятия: *изучение методики и получение практических навыков обработки информации при незначительном количестве информации аналитическим и графическим методами.*

Методика обработки информации аналитическим методом

При незначительном количестве информации (N<25) применяют упрощенный порядок расчета без построения статистического ряда. Определяют величину смещения:

$$C = t_1 - \Delta \tag{37}$$

где Δ – среднее значение разностей первых трех - четырех значений показателей надежности.

$$\Delta = \frac{(t_2 - t_1) + (t_3 - t_2)}{2} \tag{38}$$

где t_1, t_2, t_3 – значения показателя надежности в порядка возрастания.

Определяют среднее значение показателя надежности:

$$\bar{t} = \frac{1}{N}\sum_{1}^{N} t_i \tag{39}$$

где t_i – значение i-го показателя надежности.

Определяют среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N}\left(t_i - \bar{t}\right)}{N-1}} \qquad (40)$$

Затем проверяют информацию на выпавшие точки (при необходимости уточняют величину смещения C, средний ресурс $\bar{t}$, среднеквадратическое отклонение σ), определяют коэффициент вариации V и ТЗР. Накладывают доверительные границы и определяют ошибку переноса по методике аналогичной рассмотренной в предыдущих практических занятиях.

При необходимости расчета функций теоретического распределения информацию разбивают на интервалы пользуясь формулой:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}, \qquad (41)$$

где t_{max}, t_{min} – наибольшее и наименьшее значения показателя надежности.

Количество интервалов принимают обычно n = 7...12.

Следует отметить, что относительная ошибка переноса не должна превышать 20%.

Методика графической обработки усеченной информации по показателям надежности и пример ее практического применения

Одним из недостатков аналитических методов обработки информации – это значительная трудоемкость. Кроме того, графическими методами можно обрабатывать все виды информации: полную, усеченную, многократно усеченную. Кривая интегральной функции отказности носит криволинейный характер. По внешнему виду этой кривой трудно судить, какому закону распределения подчиняется рассеивание показателя надежности, и невозможно определить параметры распределения. Для обработки информации графическими методами на оси абсцисс и ординат необходимо

нанести такую разметку, при которой интегральная кривая отказности приняла бы вид прямой линии (интегральная прямая). Для выпрямления интегральной кривой используют 2 метода.

При первом методе значения функции по оси ординат, например, 0,00; 0,05; 0,10 и т. д. наносят не на равных интервалах одно от другого, а пропорционально указанным квантилям, т.е. используется вероятностная сетка. Данный метод используется для закона нормального распределения.

При втором методе для выпрямления кривой интегральной функции распределения применяют полулогарифмическую сетку координат.

Пример расчета

Необходимо определить средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля, если во время испытаний до установленной наработки 240 тыс. км. пробега, для каждого автомобиля, из общего количества N=69 отказали No=36 автомобилей.

Порядок расчета

1. Составляем сводную таблицу ресурсов t_i отказавших автомобилей в порядке их возрастания (табл. 10).

Таблица 10

Информация о доремонтных ресурсах автомобилей, тыс. км пробега

Номер отказавшего автомобиля	t_i, тыс. км пробега
1	170
2	173
...	...
36	232

2. Выбираем из сводной таблицы информации шесть равномерно расположенных точек (номеров отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30, 36.

3. Определяем координаты выбранных точек x_i, приняв масштаб M_x=1 мм/тыс. км. Координаты точки по оси абсцисс, мм, определяют по уравнению:

$$x_i = M_x \cdot t_i \qquad (42)$$

где M_x – масштаб оси абсцисс;

t_i –значение i-го показателя надежности.

Например, координата для шестого отказавшего автомобиля x_6 =1 мм/тыс. км ·232 тыс. км = 232 мм

4. Определяем накопленные опытные вероятности выбранных автомобилей по формуле:

$$\sum_{1}^{i} P_i = \frac{N_i^0}{N+1} \tag{43}$$

где N_i^0 – порядковый номер i-ой точки в таблице исходной информации;

N – общее число точек информации.

Например, накопленная опытная информация 6 автомобиля равна:

$$\sum_{1}^{6} P_6 = \frac{6}{69+1} = 0{,}09$$

5. Находим координату выбранной точки y_i по уравнению:

$$y_i = 50 \cdot \left[2{,}33 \pm H_k \left(\sum_{1}^{i} P_i \right) \right] \tag{44}$$

где 50 – масштаб построения оси ординат, мм/квантиль;

H_k– значение квантиля нормального распределения для $\sum_{1}^{i} P_i$.

При $\sum_{1}^{i} P_i < 0{,}5$ принимают знак «-», а при $\sum_{1}^{i} P_i > 0{,}5$ - знак «+». Например, координата 6 автомобиля:

$$y_i = 50 \cdot \left[2{,}33 \pm H_k(0{,}09) \right] = 50\left[2{,}33 - 1{,}34 \right] = 49{,}3 мм$$

Выполненные расчеты сводят в таблицу 11.

Таблица 11

Координаты опытных точек при законе нормального распределения

Порядковый номер отказавшего автомобиля N_i^0	t_n, тыс. км	Координата x_i, мм	$\sum_1^i P_i$	Координата y_i, мм
6	190	190	0,09	49,3
12	200	200	0,17	68,6
18	210	210	0,26	84,1
24	217	217	0,34	95,1
30	225	225	0,43	107,5
36	232	232	0,52	118,8

6. Нанесем опытные точки на график с прямоугольными координатами и проведем по ним интегральную прямую так, чтобы с каждой ее стороны располагалось одинаковое количество точек, а их расстояние от прямой были бы примерно одинаковы (рис. 7 и 8).

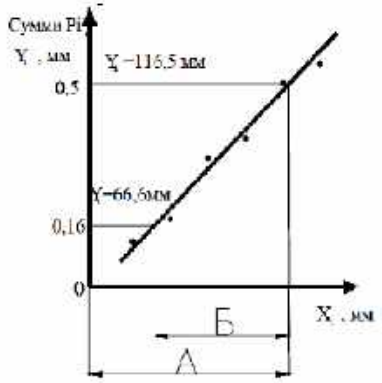


Рис. 7. Схема графической обработки информации при нормальном законе распределения

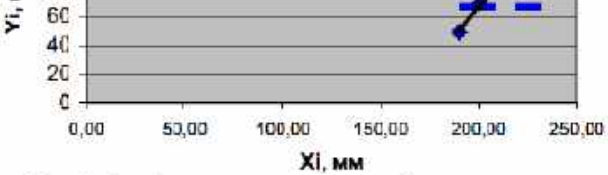


Рис. 8. График интегральной прямой распределения, построенный по данным таблицы 11 (пунктирные линии соответствуют накопленной опытной вероятности ΣP_i равной 0,5 и 0,16)

7. Определим средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение.

Для этого через точку на оси ординат с $\Sigma P_i = 0{,}5$ (находится на расстоянии 116,5 мм от начала координат) проводят горизонтальную линию до пересечения с интегральной прямой. Из точки пересечения на ось абсцисс опускаю перпендикуляр. Отрезок А на оси абсцисс соответствует в заданном масштабе среднему значению показателя надежности (рис. 7). Величина среднего значения показателя надежности определяется:

$$t_{CP} = \frac{A}{M_x} \tag{45}$$

где A – длина отрезка в мм;
M_x – масштаб графика по оси абсцисс, мм/тыс. км.

Среднее квадратическое отклонение σ определяют графическим методом на основании уравнения:

$$\sigma = \frac{(t_{CP} - t_i)}{H_k(F_i)} \tag{46}$$

где F_i – значение интегральной функции нормального закона распределения в точке t_i.

При $H_k(F_i) = 1{,}0$ $\sigma = t_{CP} - t_i$. Значение квантиля $Hk(F_i) = 1{,}0$ при $F_i = 0{,}16$ или $F_i = 0{,}84$. Следовательно, значение σ равно длине отрезка Б (разности абсциссы А и абсциссы точки пересечения горизонтали $\Sigma P_i = 0{,}16$, проведенной на расстоянии 66,6 мм от начала координат) (рис. 7). Тогда среднее квадратическое отклонение определяется:

$$\sigma = \frac{Б}{M_x} \tag{47}$$

где $Б$ – длина отрезка Б, мм (рис. 7);
M_x – масштаб по оси X.

Для примера получаем А = 230 мм, Б = 30 мм. Тогда среднее значение доремонтного ресурса автомобиля:

$$t_{CP} = 230 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс.км} = 230 \text{ тыс.км}$$

Среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля:

$$\sigma = 30 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс.км} = 30 \text{ тыс.км}.$$

Задание 1

Необходимо определить средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля, если во время испытаний до установленной наработки 240 тыс. км. пробега, для каждого автомобиля, из общего количества N=69 отказали No=36 автомобилей (см. исходные данные).

Для упрощения расчетов в исходных данных указана информация о шести равномерно расположенных точках испытаний (номерах отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30 и 36, поэтому расчеты выполняются, начиная с п. 3 приведенной выше методики.

Построить график интегральной прямой в заданном масштабе, и по нему определить средний доремонтный ресурс автомобиля и среднее квадратическое отклонение.

Исходные данные:

Ресурс автомобиля, тыс. км. пробега

Вар. №	Порядковый номер отказавшего автомобиля						Предельная наработка, тыс.км	Автомобиль
	6	12	18	24	30	36		
1	216,3	223	229,8	236,5	243,3	250	255	КамАЗ-5320
2	152,5	158	163,5	169	174,5	180	185	ЗИЛ-130
3	118,8	127	135,3	143,5	151,8	160	165	ГАЗ-3309

Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства графических методов обработки информации о показателях надежности.

2. Как необходимо преобразовать интегральную кривую отказности при использовании графических методов обработки информации о показателях надежности?

3. Какие методы используются для графической обработки информации о показателях надежности, для каких законов распределения они применяются?

Практическое занятие № 7
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

Цель занятия: *освоить методику расчёта остаточного ресурса отдельных деталей и их сопряжений после определённой наработки машины.*

Общие сведения

Техническое состояние работающих деталей, механизмов, систем и агрегатов сельскохозяйственных машин в процессе эксплуатации непрерывно изменяется. Степень изменения оценивается по величине параметра состояния (ПС), который характеризует в любой момент времени запас работоспособности объекта.

Различают структурные и диагностические параметры. Параметры, непосредственно характеризующие работоспособность элемента (износ, размер детали, зазор в соединениях, мощность, производительность и др.), называются структурными. Параметры, характеризующие работоспособность элемента косвенно (температура, шум, вибрация, расход топлива и гидравлического масла, прорыв газов в картер двигателя и др.), называются диагностическими.

В начальный период эксплуатации машины параметры технического состояния элементов имеют исходные *номинальные* значения. С ростом наработки изменение параметра состояния приводит (в определенный момент времени) к утрате работоспособности элемента, когда он либо вообще не может выполнять свои функции (разрушение детали, ударные нагрузки, стуки в соединениях и др.), либо не может выполнять их с характеристиками, установленными в технической документации (предельное снижение производительности насоса, экономичных и мощностных показателей машины и др.).

Закономерность изменения параметра состояния от номинального до предельного значения выражается степенной функцией:

$$U(t) = U_c \cdot t^{\alpha}, \qquad (48)$$

где $U(t)$ – изменение параметра к моменту t;

U_c – случайная величина, характеризующая скорость изменения параметра;

t – наработка;

α – показатель степени, определяющий характер зависимости изменения параметра от наработки.

Значение показателя степени определяет характер зависимости следующим образом (рис. 9):

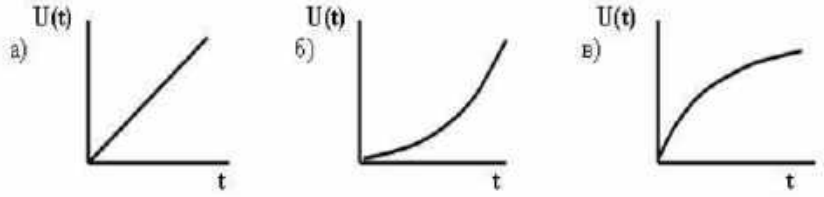


Рис. 9. Изменение параметра состояния *V(t)*
от наработки t при различных значениях α
а) $\alpha = 1$; б) $\alpha > 1$; в) $\alpha < 1$

Ориентировочные значения показателя α для некоторых сопряжений, механизмов и агрегатов приведены в таблице 12.

Таблица 12

Показатели степени α функции изменения параметра состояния

Наименование параметра состояния (ПС)	Показатель (α)
Изменение мошности двигателя	0,8
Расход топлива	0,9
Неравномерность топливоподачи	1,0
Угар масла	1,8
Износ плунжерных пар	1,1
Расход картерных газов	1,3
Износ сопряжения гильза — поршень	1,3
Износ шатунных и коренных подшипников ДВС	1,1
Утопание клапанов	1,6
Зазоры в КШМ	1,1...1,6
Радиальный зазор в подшипниках качения и скольжения	1,5
Износ посадочных мест подшипников корпусных деталей	1,0
Износ зубьев шестерен по толщине	1,5
Износ валиков, пальцев и осей	1,4
Износ шлицевых соединений	1,1
Износ тормозных накладок и барабанов, дисков муфт сцепления	1,0
Удлинение шага гусеничной и втулочно - роликовой цепи	1,0
Износ катков ходовой системы гусеничных машин	1,0

Значение параметра состояния, при котором происходит отказ объекта, называют *предельным*.

Остаточный ресурс изделия – это его наработка от момента контроля параметра технического состояния до его *предельного* значения.

Для определения остаточного ресурса необходимо собрать исходные данные, приведенные в таблице 13.

Таблица 13

Исходные данные к определению остаточного ресурса

№ п/п	Наименование исходных данных	Обозначение	Откуда берутся данные
1	Наработка от начала эксплуатации, когда параметр имел номинальное значение	t	Показание счетчика мото-часов (из технической документации)
2	Номинальное значение параметра состояния	$П_н$	Указано в технологических картах (технических требованиях на ремонт)
3	Значение параметра состояния в момент контроля	$П_{тк}$	Показания диагностических приборов, средств измерений
4	Предельное значение параметра	$П_{пред}$	Указано в технологических картах (технических требованиях на ремонт)
5	Показатель степени функции изменения параметра	a	Таблица 12

Рассмотрим методику для определения допустимых и предельных износов, по которым устанавливается возможность дальнейшей работы деталей при текущем и капитальном ремонтах, а также при определении возможности дальнейшей работы деталей при устранении эксплуатационных отказов. При этом принято допущение, что в период нормальной работы зависимость величины износа от наработки носит линейный характер, т.е. показатель степени функции изменения параметра состояния $a = 1$.

На рисунке 10 представлена кривая характеризующая динамику нарастания износа за период эксплуатации объекта.

В точке «*b*» при наработке $T_{изм}$ произошёл отказ узла по причине поломки или износа отдельных деталей. Требуется определить, можно ли оставить в работе отдельные детали, и какой остаточный ресурс будут они иметь?

При прогнозировании остаточного ресурса необходимо учесть период приработки деталей, т.е. перенести оси координат в точку O_1.

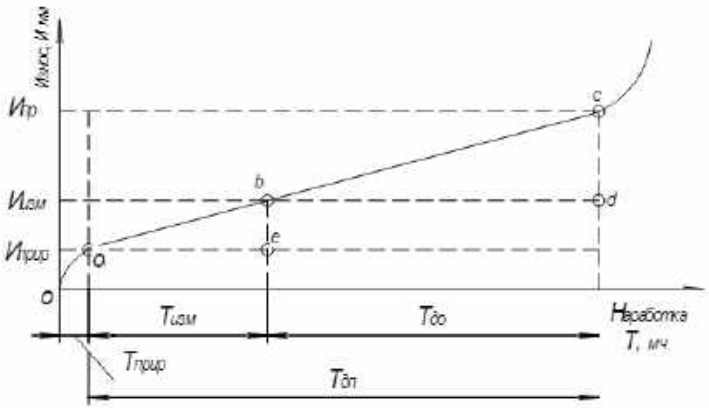


Рис. 10. Кривая характеризующая динамику нарастания износа: OO_1 – период приработки; O_1b – период работы до возникновения отказа (измерение значения показателя); bc – период возможной дальнейшей работы не отказавших деталей; $T_{прир}$ – продолжительность приработки; $T_{изм}$ – наработка до возникновения отказа (до момента измерения показателя); $T_{до}$ – средний остаточный ресурс детали; $T_{дп}$ – полный ресурс детали; $И_{прир}$ – износ детали по завершении приработки; $И_{изм}$ – износ детали на момент возникновения отказа (момент измерения показателя); $И_{пр}$ – предельное значение износа детали

Трудно абсолютно точно определить износ детали за период приработки. Величина износа зависит от многих переменных факторов (шероховатости, вида и режимов обработки, твёрдости трущихся поверхностей, величины начального зазора в сопряжении, режимов приработки и т.д.). Как показывают исследования, величина износа за период приработки может быть значительной и ее необходимо учитывать, вводя компенсацию за счёт допуска на изготовление детали. Компенсацию вводят следующим образом: для деталей типа «вал» за начальный размер принимают размер по нижней границе поля допуска на изготовление, для деталей типа «отверстие» - по верхней границе.

Пример

Укажите начальные размеры деталей с учетом приработки, если их номинальные размеры по техническим условиям следующие: вал диаметром – $45^{+0,2}_{-0,1}$ мм.; диаметр отверстия – $18^{+0,2}_{-0,3}$ мм.

Решение

Для вала за начальный размер можно принять

$d_{нач} = 45 - 0,1 = 44,9$ мм.

Для отверстия: $D_{нач} = 18 + 0,2 = 18,2$ мм.

Для вала в точке «*b*» износ будет:

$$И_{изм} = d_{min} - d_{изм}, \tag{49}$$

где d_{min} – наименьший диаметр вала по техническим условиям ($d_{нач}$);

$d_{изм}$ – фактическое значение диаметра изношенного вала.

Для отверстия:

$$И_{изм} = D_{изм} - D_{max}, \tag{50}$$

где $D_{изм}$ – фактическое значение диаметра изношенного отверстия;

D_{max} – наибольший диаметр отверстия по техническим условиям ($D_{нач}$).

Время приработки $T_{прир}$ составляет незначительную часть полного ресурса детали $T_{дт}$ (менее 5%) и им можно пренебречь.

Таким образом, возможен перенос осей координат из точки O в точке O_1.

Тогда, из рисунка 10 следует, что $\Delta O_1be \sim \Delta bcd$, откуда:

$$\frac{cd}{be} = \frac{bd}{O_1 e}, \tag{51}$$

или

$$\frac{И_{пр} - И_{изм}}{И_{изм}} = \frac{T_{до}}{T_{изм}}, \tag{52}$$

тогда

$$T_{до} = \frac{И_{пр} - И_{изм}}{И_{изм}} \cdot T_{изм} \tag{53}$$

или

$$T_{до} = \frac{И_{пр} - И_{изм}}{W_g} \tag{54}$$

где $W_g = И_{изм} / T_{изм}$ – средняя интенсивность изнашивания детали.

Наложение доверительных границ с использованием вероятностных методов

Так как при эксплуатации машины интенсивность изнашивания её деталей и сопряжений зависит от многих факторов: твёрдости и шероховатости поверхностей трения, класса точности, величины начального зазора, режимов работы машины (температура, нагрузка, число и длительность пусковых периодов), почвенно-климатических условий работы, качества эксплуатации, технического обслуживания, то она является величиной случайной. Поэтому при расчёте ресурсов к измеренной величине износа и рассчитанной средней интенсивности изнашивания следует применять вероятностные методы обработки с определением среднего значения, характеристик рассеивания и доверительных границ прогнозируемого ресурса.

Как показывают износные испытания, рассеивание ресурсов деталей и сопряжений тракторов и сельскохозяйственных машин подчинено закону распределения Вейбулла (ЗРВ) с коэффициентом вариации $V = 0{,}33...0{,}40$.

При прогнозировании остаточного ресурса отдельной детали без информации по испытанию N таких деталей, доверительные границы определяется с помощью квантилей $H_к^в$.

Нижняя доверительная граница:

$$T_{до}^{н} = H_к^в\left(\frac{1-\beta}{2}\right)\cdot\alpha + C \qquad (55)$$

Верхняя доверительная граница:

$$T_{до}^{в} = H_к^в\left(\frac{1+\beta}{2}\right)\cdot\alpha + C \qquad (56)$$

где β – доверительная вероятность;

α – параметр распределения Вейбулла;

C – смещение начала рассеивания остаточного ресурса.

На основании статистики установлено, что

$$C \approx 0{,}3\cdot T_{до} \qquad (57)$$

Задавшись средним значением коэффициента вариации $V_{ср} = 0{,}36$ примем значения параметров распределения Вейбула (справочные данные): $в = 3{,}02$, $C_в = 0{,}323$

Рассчитаем параметр α:

$$\alpha = \frac{\sigma}{C_в} \tag{58}$$

где σ – среднее квадратическое отклонение и находится из выражения:

$$V = \frac{\sigma}{\mathrm{T_{до}} - \mathrm{C}} \tag{59}$$

откуда

$$\sigma = V \cdot \left(\mathrm{T_{до}} - \mathrm{C}\right) \tag{60}$$

Подставив в формулу 60 значения $V_{ср} = 0{,}36$ и $C = 0{,}3 \cdot T_{до}$, получим:

$$\sigma = 0{,}25 \cdot \mathrm{T_{до}} \tag{61}$$

Тогда из выражения 58 получим:

$$\alpha = 0{,}8 \cdot \mathrm{T_{до}} \tag{62}$$

Задавшись доверительной вероятностью $\beta = 0{,}8$, определим значения квантилей для нижней и верхней доверительных границах:

$$H_к^н = \left(\frac{1 - 0{,}8}{2}\right) = 0{,}47$$

$$\mathrm{H_к^в} = \left(\frac{1 + 0{,}8}{2}\right) = 1{,}32$$

Подставив найденные значения в формулы 55 и 56, получим:

$$T_{до}^н = 0{,}7 \cdot T_{до} \tag{63}$$

$$T_{до}^в = 1{,}36 \cdot T_{до} \tag{64}$$

Определение остаточного ресурса сопряжения

На рисунке 11 представлены кривые, характеризующие динамику нарастания износа сопряжения за период эксплуатации объекта.

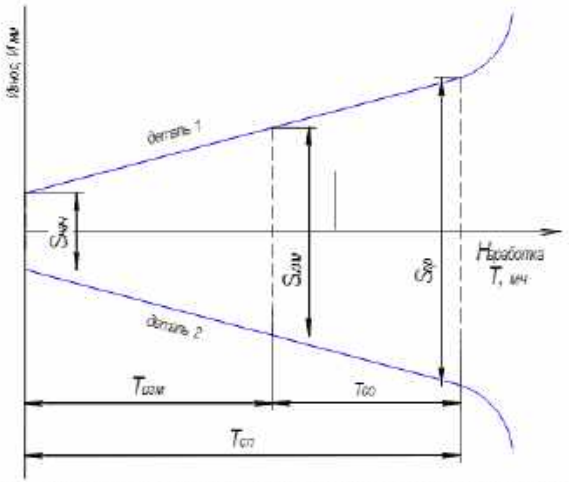


Рис. 11. Схема к расчету остаточного ресурса сопряжения:
$S_{нач}$ – начальный зазор в сопряжении; $S_{изм}$ – зазор в сопряжении на момент измерения; $S_{пр}$ – предельный зазор; $T_{изм}$ – наработка на момент измерения; $T_{со}$ – средний остаточный ресурс сопряжения; $T_{сп}$ – полный ресурс сопряжения

Для сопряжения величина остаточного ресурса согласно рисунку 11 определится из соотношения

$$\frac{S_{пр}-S_{изм}}{S_{изм}-S_{нач}}=\frac{T_{со}}{T_{изм}} \tag{65}$$

Тогда

$$T_{со}=\frac{S_{пр}-S_{изм}}{S_{изм}-S_{нач}}\cdot T_{изм} \tag{66}$$

или

$$T_{со}=\frac{S_{пр}-S_{изм}}{W_c} \tag{67}$$

где W_c – средняя интенсивность изнашивания сопряжения.

$$W_c=\frac{S_{изм}-S_{нач}}{T_{изм}} \tag{68}$$

Зазор предельный $S_{пр}$ принимается из технических условий на дефектацию;

Зазор измеренный $S_{изм}$ определяется по формуле:

$$S_{изм} = D_{изм} - d_{изм} \quad (69)$$

где $D_{изм}$ – диаметр отверстия на момент измерения;

$d_{изм}$ – диаметр вала на момент измерения.

Начальный зазор $S_{нач}$ определяется по формуле:

$$S_{нач} = D_{max} - d_{min} \quad (70)$$

где D_{max} – наибольший диаметр отверстия по техническим условиям;

d_{min} – наименьший диаметр вала по техническим условиям.

Доверительные границы остаточного ресурса сопряжения (при доверительной вероятности $\beta = 0{,}8$) будут равны:

$$T_{со}^{н} = 0{,}7 \cdot T_{со} \quad (71)$$

$$T_{со}^{в} = 1{,}36 \cdot T_{со} \quad (72)$$

Определив величину остаточного ресурса и его доверительные границы, решают вопрос оставить деталь для дальнейшей работы или заменить новой. При этом следует иметь ввиду, что необходимо как можно полное использование ресурса, в тоже время машина не должна иметь отказов при выполнении ответственных и ограниченных во времени сельскохозяйственных работ.

Задание 1

Трактор наработал 2200 м.ч. ($T_{изм}$), при этом толщина зуба шестерни коробки передач составила 3,76 мм ($h_{изм}$). Требуется определить остаточный ресурс шестерни и его доверительные границы при $\beta = 0{,}80$, если по техническим условиям начальная толщина зуба $h_{нач} = 9{,}35^{-0{,}110}_{-0{,}158}$ мм., а предельная $h_{пр}$= 8,34 мм.

Задание 2

Микрометражом, проведённым через 1800 м.ч. работы двигателя, определены размеры втулки верхней головки шатуна $D_{изм}$ = 42,12 мм и поршневого пальца $d_{изм}$ = 41,95 мм. Требуется определить остаточный ресурс сопряжения и его доверительные границы при β = 0,80, если из технических условий известно:

Сопрягаемые детали	Размеры деталей, мм		Зазоры в сопряжении, мм		
	Начальный диаметр	Допустимый диаметр	Начальный $S_{нач}$	Допустимый $S_{доп}$	Предельный $S_{пр}$
Втулка	$42^{+0.038}_{+0.023}$	42,09	0,022…0,047	0,10	0,25
Палец поршневой	$42^{+0.001}_{-0.009}$	41,94			

Контрольные вопросы

1. Какие исходные данные необходимы для прогнозирования остаточного ресурса? Откуда их получают?

2. Как учитывают износ приработки?

3. Как, используя кривую нарастания износа, получить формулу для расчета остаточного ресурса?

4. Какие допущения принимают при наложении доверительных границ?

Практическое занятие № 8
КОРРОЗИЯ

Цель занятия: *изучить причины и виды коррозии. Закрепить знания о механизме и способах защиты металлов от коррозии. Получить практические навыки по проведению ускоренных испытаний различных защитных покрытий.*

Причины и виды коррозии металлов. Необходимость защиты от коррозии

Переход металлов из свободного состояния в химически связанное в результате химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой, сопровождающееся утратой присущих им свойств, называется коррозией. Слово «коррозия» происходит от латинского «corrosio», что означает «разъедание».

Первопричиной коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов в различных средах, вследствие чего в природе они всегда находятся в химически связанном состоянии. Руды представляют собой естественное (созданное природой) соединение металлов с неметаллами. Задача металлургов, затрачивая определенную энергию, восстановить металлы из различных природных соединений. Металл, вышедший из металлургической печи, обладает избытком свободной энергии. Энергия (изобарно-термический потенциал) исходного металла больше (для всех металлов кроме благородных), чем энергия продуктов реакции при коррозии. Поэтому коррозия – это необходимый по химическим законам переход металла в естественное для земных условий химическое соединение, который будет протекать самопроизвольно, т.к. связан с уменьшением (рассеиванием, выделением) избыточной энергии. Так, изменение энергии при превращении магния, меди и золота их в гидрооксиды составит соответственно -598, -120 и +66 кДж/моль. Следовательно магний более склонен к окислению, чем медь, а самопроизвольное, без затрат энергии, окисление золота невозможно.

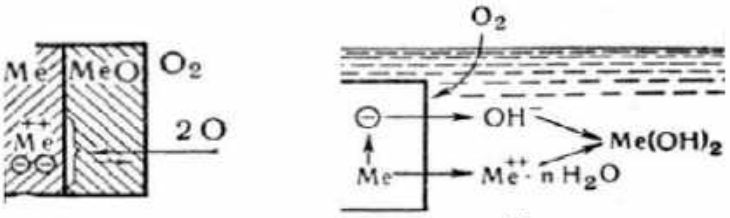
Коррозия это гетерогенный процесс, т.е. процесс, протекающий на границе раздела фаз: металл - газ или металл - жидкость. Скорость коррозии определяется многими факторами: состояние поверхности металла и особенностями его структуры, температурой, составом и скоростью движения коррозионной среды, механическими напряжениями материала и т.п. В целом, скорость коррозии зависит от протекания следующих основных стадий:

1. Скорость поступления к поверхности металла путем конвекции или диффузии коррозионно-активных частиц (ионов, молекул).

2. Скорость протекания реакции, которая, как правило, возрастает с увеличением температуры и концентрации активных частиц.

3. Скорость удаления продуктов коррозии, которые в большинстве случаев препятствуют поступлению активных частиц к поверхности.

По механизму протекания процесса различают два основных типа коррозии: химическую и электрохимическую (рис. 12).



а) б)

Рис. 12. Окисление металла:
а) при химической; б) при электрохимической

При *химической* коррозии окружающая металл среда обычно не проводит электрического тока, а на поверхности металла не возникает электродный потенциал. Применительно к деталям сельскохозяйственных машин химическая коррозия проявляется в виде газовой коррозии. Она имеет место при контакте металлов с кислородом, сернистым газом, сероводородом, углекислотой и другими газами, главным образом при повышенных температурах. Большие потери от газовой коррозии (угар металла) несет металлургическая промышленность.

Газовая коррозия протекает не только на поверхности металла, но существует и объёмная газовая коррозия. Ярким свидетельством наличия объёмной газовой коррозии деталей машин является тот факт, что деталь из стали или чугуна, длительное время не бывшая в употреблении, мгновенно разрушается при приложении нагрузки. Следовательно, коррозия подавляющего большинства металлов и сплавов начинается не только с поверхности, но и из объёма детали, переводя металл в химические соединения, из которых был получен металл или сплав. Чтобы избежать объёмной газовой коррозии металлов, нужно получать их в условиях глубокого вакуума.

Электрохимическая коррозия протекает в средах, проводящих электрический ток (раствор электролита, влага на поверхности деталей). Большинство коррозионных процессов носит электрохимический характер. Этот вид коррозии обусловлен двумя протекающими раздельно процессами – анодными и катодными. Первый связан с окислением атомов металла и превращением их в положительно заряженные ионы, которые переходят в раствор, второй – с восстановлением окислителя, растворённого в воде.

Возможность раздельного протекания анодного и катодного процессов обуславливается несколькими причинами, в том числе электрохимической неоднородностью поверхности металлов, контактом металлов с раствором электролита, присутствием в растворе электролита достаточно активного окислителя.

Скорость протекания электрохимической коррозии и коррозионная активность металла зависят от свойств электролита и величины *электродного потенциала*. На практике определяют относительный электродный потенциал для 2-х электродов (электрод из рассматриваемого материала и стандартный электрод сравнения) погруженных в какой-либо электролит. В таблице 14 приведены значения стандартных электродных потенциалов для некоторых металлов.

Таблица 14

Стандартные электродные потенциалы металлов (V_c^o) при 25 °С в вольтах

Металл	V_c^o, в	Металл	V_c^o, в
Na	-2,714	*Sn*	-0,136
Mg	-2,37	*Pb*	-0,126
Zn	-0,762	*H*	0,000
Fe	-0,44	*Cu*	+0,337
Ni	-0,25	*Au*	+1,68

Значения стандартных электродных потенциалов отнесены к принятому за условный, электродному потенциалу водорода, значение которого равно 0 (см. табл. 14).

Как правило, более электоотритцательные металлы более активны. Так цинк (-0,762) более подвержен коррозии, чем железо (-0,44). Никель (-0,25) и олово (-0,136) наоборот, являются для железа электроположительными металлами, более стойкими к коррозии. Металлы с положительным значением электродного потенциала (полублагородные и благородные) обладают высокой термодинамической стабильностью, устойчивы к коррозии в большинстве сред, вступают в химические реакции только при определенных условиях.

Следует отметить, что среда и температура могут существенно влиять на изменение электродного потенциала. Так, в паре *Sn-Fe*, в условиях атмосферной коррозии, *Sn* – анод (более электроположительный, чем железо). В среде органических кислот без доступа кислорода *Sn* – катод (становится электроотрицательным по отношению к железу) и разрушается прежде *Fe*, защищая железо электрохимически. Поэтому значение электродного потенциала

используют лишь для приближенной оценки стойкости металла к коррозии.

Основные виды коррозии металлов

Коррозия различается по характеру вызываемых ею разрушений. Она может быть сплошной, охватывающей всю поверхность металла, и местной или локальной, возникающей на отдельных участках поверхности.

Сплошная коррозия (рис. 13 а-в) может быть равномерной, протекающей примерно с одинаковой скоростью по всей поверхности металла; неравномерной, имеющей неодинаковую скорость на различных участках поверхности; избирательной, разрушающей преимущественно один из компонентов сплава.

Местная коррозия (рис. 13 г-и) может быть: пятнами, язвами, точечной, подповерхностной, межкристаллитной, коррозионным растрескиванием. Данные виды коррозии представляют наибольшую опасность, так как коррозионный процесс идёт на весьма малой площади, появление разрушений бывает внезапным, их невозможно своевременно распознать, что приводит к неожиданным и быстрым разрушениям конструкций.

Исключительно опасным видом химического разрушения металлов является питтинговая коррозия. Pitted – английское слово, означает рябой, в оспинах. Она происходит в результате местного активировавши коррозии в отдельных центрах и проявляется в виде малых глубоких поражений.

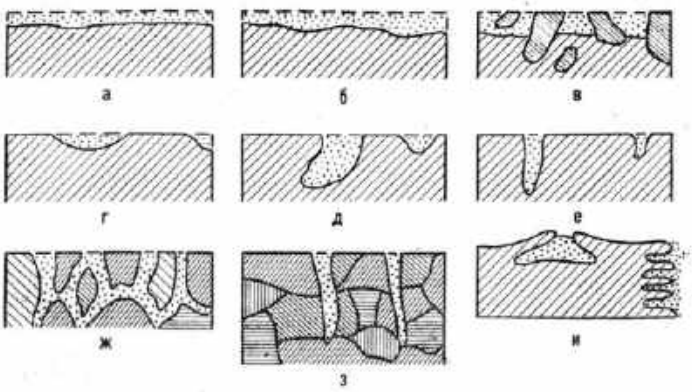


Рис. 13. Виды коррозии по характеру разрушений:
а – равномерная; б – неравномерная; в – структурно-избирательная; г – пятнами; д – язвами; е – точечная (питтинговая) коррозия; ж – межкристаллитная; з – коррозионное растрескивание; и – подповерхностная

Питтинговая (язвенная, точечная) коррозия возникает на поверхности металла под действием среды, содержащей активизирующие анионы. В этом случае металл корродирует на отдельных небольших участках поверхности, но процесс развивается так быстро, что иногда за несколько дней или месяцев в стенках образуются сквозные отверстия. К питтинговой коррозии склонны железо, алюминий, магний, никель и сплавы на их основе. Питтинговая коррозия на плунжерных парах топливных насосов уменьшает мощность двигателя в среднем на 20%. Активизирующие анионы всегда присутствуют в воде. Их действие сводится к тому, что они, адсорбируясь на участках поверхности, вытесняют пассивирующий кислород, а затем участвуют в процессе растворения металла.

Межкристаллитная коррозия возникает по границам зерен металлической структуры из-за различий в химическом составе зерна и границы. Пластичность и прочность материала резко ухудшается, и он может рассыпаться в порошок. Чаще всего межкристаллитной коррозии подвержена нержавеющая сталь, особенно сварные швы.

Коррозионное растрескивание возникает в металле при одновременном воздействии агрессивной среды и механических напряжений (извне или остаточных напряжений). Особенно подвержены коррозионному растрескиванию высокопрочные стали и сплавы. Трещины могут развиваться между зернами или пересекая их. Коррозионному растрескиванию больше подвержены участки металла, имеющие растягивающие напряжения.

По причинам, вызывающим коррозионные разрушения, можно выделить следующие основные виды коррозии: контактная, атмосферная, щелевая, электрокоррозия, коррозионная усталость.

При соприкосновении металлов различной активности происходит *контактная* коррозия. При этом металлы более электроотрицательные начинают разрушаться быстрее, чем при отсутствии контакта.

Детали сельскохозяйственной техники больше всего подвержены *атмосферной* коррозии, при которой скорость разрушения металла зависит от влажности воздуха, его температуры, солнечной радиации, а также от загрязнённости воздуха коррозионно-агрессивными газовыми и солевыми примесями.

Существенную роль в разрушении металлических конструкций играет *щелевая* коррозия. При этом интенсивная коррозия

развивается не только в имеющихся конструктивных зазорах и щелях, но и во вновь возникающих в процессе эксплуатации между прокладками и металлом. Щелевая коррозия может появиться также при неудовлетворительной сварке. Типичным примером щелевой коррозии является разрушение цилиндров дизелей под уплотнительной резиновой манжетой. Наличие щелей и зазоров, во-первых, способствует удержанию электролитов на поверхности металлов, что приводит к длительному процессу, а, во-вторых, ускоряет само течение реакции.

Разновидностью электрохимической коррозии, приводящей к разрушению подземных сооружений, является *электрокоррозия*, которая возникает под действием блуждающих токов. В подземное сооружение в одном из мест токи входят, а в другом выходят, иначе говоря, отдельные его участки служат катодом или анодом, что ведёт к коррозии анодных участков.

Большое количество конструкций, машин, механизмов, их узлов и деталей в процессе эксплуатации подвергается одновременному воздействию коррозионной среды и циклических напряжений, что вызывает значительно большее их разрушение по сравнению с теми случаями, когда указанные факторы действуют изолированно. Главным проявлением разрушения, в рассматриваемых условиях, является уменьшение циклической прочности металлов. Разрушение имеет хрупкий характер и называется *коррозионной усталостью*.

Процесс коррозионной усталости протекает в три стадии. Первая - характеризует период до возникновения коррозионных трещин и представляет инкубационный период, в течение которого на металле может протекать избирательная коррозия и возникают зародыши коррозионных трещин. На этой стадии не наблюдается заметных изменений циклической прочности. Вторая стадия характеризуется значительной потерей циклической прочности вследствие развития коррозионно-усталостных трещин. Третья, завершающая стадия является уже чисто механическим разрывом оставшегося живого сечения в связи с напряжениями, превышающими предел прочности металла.

Необходимость защиты от коррозии

Коррозия металлов и их сплавов является одной из основных причин потери работоспособности машин. Вследствие совместного воздействия атмосферной коррозии и механических нагрузок

выходит из строя 70-80% деталей машин. Из них 20-25% приходится на долю поломок от перегрузок из-за потери прочности деталей от атмосферной коррозии. В конструкциях машин имеется большое число поверхностей, сопряжений, узлов и деталей, подверженных прямому воздействию атмосферной и других видов коррозии в сочетании с динамическими нагрузками.

Особое значение проблема коррозии имеет в сельскохозяйственном производстве (агрессивная среда животноводческих помещений, использование химически активных удобрений, хранение техники под открытым небом). Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий приведена в таблице 15.

Таблица 15

Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий

Группа коррозионной опасности	Тип среды и ее особенности	Значение коррозионных потерь углеродистой стали (Ст 3) в год	
		г/м^2	мкм
I	Открытая атмосфера:		
	- зона умеренного климата	100-217	13-28
	- зона холодного климата	90-110	11,5-14
II	Атмосфера животноводческого помещения:		
	- коровник	440-640	56-82
	- свинарник	558-721	71-92
	- птичник	500-600	64-76
III	Среда минеральных удобрении и ядохимикатов:		
	- суперфосфат	350-380	35-40
	- аммиачная селитра	380-400	38-50
	- нитрофоска	850-900	100-120
	- сульфат аммония	910-1100	125-145
	- медный купорос	1900-2100	250-270

Наиболее опасными в коррозионном отношении являются минеральные удобрения и ядохимикаты. Поэтому практический интерес представляют исследования по оценке значений и скорости коррозионных разрушений типовых металлических материалов машин в коррозионно-активных средах удобрений. Исследования, выполненные ЦНИИМЭСХ и ГОСНИТИ, позволили классифицировать коррозионную активность широко применяемых удобрений (табл. 16).

Таблица 16

Коррозионная активность минеральных удобрений в год

Удобрение	Скорость коррозии стали, г/м^2		
	Ст 3	45	У8
Медный купорос	2078	2942	2265
Сульфат аммония	1055	1294	1215
Нитрофоска	887	984	933
Сильвинит	574	602	651
Аммиачная селитра	400	552	361
Простой суперфосфат	359	373	339
Мочевина	342	372	353
Гранулированный суперфосфат	338	351	318

Около 75...80% деталей машин, используемых на животноводческих фермах, теряют работоспособность из-за коррозии.

Скорость коррозии конструкционной тонколистовой стали, при воздействии минеральных удобрений, составляет 1,5...2 мм/год.

Высокоактивной коррозионной средой является сенаж. Величина коррозии металла машин, работающих с сенажом, составляет 200...300 г/м^2 в год, глубина коррозионных поражений достигает 1 мм/год.

Обследования сельскохозяйственных машин, подвергнувшихся коррозии, показали, что наиболее интенсивно разрушаются детали, расположенные внизу, имеющие более длительный контакт с почвой. Например, глубина коррозии не законсервированного плужного лемеха достигает 120 мкм в год. При этом коррозионные потери составляют 25-35г на лемех, или 1,5-2% – от его общей массы.

Многие виды машин недостаточно приспособлены к хранению и неудовлетворительно защищены от коррозии. Так, толщина слоя лакокрасочного покрытия у машин зарубежного производства достигает 120 мкм, что в 2-2,5 раза больше, чем у отечественной техники. Большое значение имеет общая компоновка: минимальное число выемок и скрытых полостей, обтекаемая форма, оснащение герметизирующими устройствами и т.п.

Неочищенные от почвы, технологических остатков, частиц удобрений и ядохимикатов, незащищенные от росы, снега металлические поверхности деталей машин интенсивно подвергаются коррозионным разрушениям.

Во многих хозяйствах уровень хранения не отвечает современным требованиям. Обеспеченность хозяйств РФ закрытыми помещениями для хранения сложных машин не превышает 20-25%, оборудованием для наружной очистки и мойки – 45-50%, агрегатами для подготовки к хранению – не более 10%.

В структуре затрат на содержание машин расходы на хранение и противокоррозионную защиту незначительны и составляют около 2%. Недооценка мер по защите техники от коррозии приводит к значительным потерям.

Способы защиты металлов от коррозии

Для борьбы с коррозией металлов применяют различные методы, учитывающие не только особенности самого металла, но и условия его эксплуатации. По характеру воздействия их можно разделить на три основных направления:

1. Воздействие на металл. К этому направлению можно отнести коррозионностойкое легирование, термообработку, применение различных покрытий, ингибиторов и смазок, а также использование электрохимической защиты. Хороший эффект в повышении коррозионной стойкости даёт термомеханикомагнитная обработка металла.

2. Воздействие на среду. Например, в целях снижения коррозии, при нагреве металла (в том числе и при сварке) используют инертные или защитные газы. Для уменьшения электрохимической коррозии в коррозионную среду вводят ингибиторы. Другой способ снижения коррозии в водных растворах - обескислороживание. К способам борьбы с коррозией относится также осушение воздуха специальными адсорбентами в замкнутом пространстве, используемое при консервации металлоизделий, в этом случае также могут быть использованы летучие ингибиторы и инертные газы.

3. Воздействие на конструкцию. Здесь необходимо предотвратить контактную и щелевую коррозию путем подбора материалов и прокладок; устранить возможность скопления влаги; обеспечить слитность сечения (наименьшее отношение параметра сечения к его площади) деталей; большее предпочтение следует отдавать сварным соединениям, чем болтовым; обеспечить возможность нанесения и возобновления различных покрытий в процессе эксплуатации и ремонта объектов и др.

В нашей стране разработана и применяется «Единая система защиты от коррозии и старения» (ЕСЗКС) – система государственных стандартов, в которых установлены: единая терминология, методы испытаний, и общие технические требования по основным направлениям противокоррозионной защиты. Большое внимание в ЕСЗКС уделяется обеспечению качества лакокрасочных покрытий, электрохимическим методам защиты и мерам временной противокоррозионной защиты изделий. Инженерные работники в практической деятельности должны придерживаться стандартов «единой системы защиты от коррозии и старения».

Защитные покрытия

Поскольку коррозия металлических изделий начинается, в основном, с поверхности, применение поверхностных защитных покрытий, в частности лакокрасочных, является одним из основных методов защиты металла от коррозии.

Существующие защитные покрытия можно разделить на неметаллические и металлические.

Неметаллическими являются лакокрасочные, химические, полимерные (пластмассы) покрытия, а также стеклоэмали, металлокерамические покрытия, гуммированные поверхности (резиновые покрытия).

Для обеспечения качественной защиты металла с помощью лакокрасочных покрытий необходимо обеспечить хорошую сцепляемость наносимого покрытия с поверхностью металла, что достигается главным образом с помощью промежуточных химических покрытий, получаемых при подготовительных операциях (фосфатирование или применение грунтовок, преобразователей ржавчины).

К химическим покрытиям относят искусственно создаваемые плёнки различного состава (оксидные, фосфатные, хроматные, сульфидные), которые вызывают пассивирование поверхности металла; а также образование на поверхности коррозионностойких неорганических соединений: боридов, карбидов, нитридов.

Пассивация - это логическое следствие того, что на поверхности металла адсорбируются кислородсодержащие компоненты раствора, в первую очередь, молекулы воды. В этот момент ионы водорода восстанавливаются до атомов, при этом потенциал металла еще не достиг потенциала пассивации. Когда атомы соединяются в молекулы водорода, потенциал металла достигает потен-

циала пассивации. При этом связь металла с кислородом очень прочна. Кислород передает свои электроны соседним атомам металла. Коррозия поверхности практически прекращается.

Отметим, что пассивные пленки представляют собой продукты коррозии, которые положительно влияют на торможение коррозионного процесса, препятствуя проникновению коррозионно-активных частиц к поверхности металла.

Примеры оксидирования стали – воронение и синение (чернение). Для воронения изделия покрывают тонким слоем асфальтового или масляного лака и погружают в печь. После пребывания в печи при температуре 350...450 °С в течение 12...20 минут поверхность чернеет и их – выгружают в масляную ванну. При синении изделия нагревают в печи до 310...350 °С, затем выгружают в масляные ванны.

Существует химический способ оксидирования. Изделия погружают в раствор едкого натра, азотнокислого и азотистокислого натрия. В этом растворе изделия выдерживают при температуре 80-90 °С от 20 до 90 минут. Полученные оксидные плёнки пропитывают маслом. Процесс оксидирования алюминия носит название анодирования.

Разнообразны и способы фосфатирования, к числу наиболее простых можно отнести обработку деталей преобразователем ржавчины (в основе ортофосфорная кислота) или в горячем растворе фосфорнокислых солей (например, 1 кг суперфосфата на 2 литра воды при температуре 80-90 °С). Поверхность деталей становится серой или черной в зависимости от толщины покрытия.

Хорошо сопротивляются коррозии металлопласты, представляющие собой металл, покрытый слоем пластмассы.

Существуют разнообразные *металлические* защитные покрытия железа и стали, среди которых широкое распространение получили покрытия цинком, кадмием, хромом, никелем. Нанесение металлических покрытий производится различными способами: горячие покрытия наносят путём погружения защищаемого металла в ванну с расплавленным металлом. Предварительно поверхность очищается, и на неё наносятся вещества, способствующие лучшему сцеплению металла покрытия с основным металлом (предварительное офлюсование). Наиболее распространёнными видами таких покрытий являются оловянные и цинковые.

По механизму действия металлических защитных покрытий можно выделить покрытия, которые обеспечивают только механическую защиту (катодные покрытия), и покрытия, которые обеспечивают электрохимическую защиту (анодные покрытия).

Катодные покрытия – это такая защита, при которой электродный потенциал покрытия оказывается более положительным, по отношению к металлу защищаемой конструкции, например *Sn-Fe* (т.е. железо покрыто более стойким в коррозионном отношении металлом - оловом).

Олово по отношению к железу электроположительный металл. Поэтому оно защищает железо от коррозии чисто механически. При наличии царапины или трещины такое покрытие не только не защищает конструкцию от разрушения, но и, наоборот, ускоряет коррозию, так как в гальванической паре *Sn - Fe* более активным металлом является железо и коррозия распространяется под слой более благородного металла. Если на оловянном слое появляются повреждения, то процесс разрушения железа протекает чрезвычайно быстро. Следовательно, при катодных покрытиях очень важно не допустить в них пор и трещин.

При хромировании, *Cr* стоящий в ряду напряжений ранее *Fe*, в растворах электролитов часто приобретает более электроположительный потенциал и выступает в качестве катода. В этом случае, если плёнка защитного хромового покрытия будет рыхлой, коррозия железа будет весьма интенсивной. Поэтому хромовые покрытия не могут быть в обычном виде использованы для защиты от коррозии.

С целью получения более плотных покрытий, способных защитить сталь от коррозии, непосредственно на неё наносят электролитическим способом слой меди и никеля, а иногда даже тройной слой – никель - медь - никель, а затем уже хром.

Анодные покрытия – это такая защита, при которой электродный потенциал покрытия оказывается более отрицательным по отношению к металлу защищаемой конструкции, например *Zn - Fe* (т.е. железо покрыто менее стойким в коррозионном отношении металлом - цинком).

Физическая сущность такой защиты заключается в следующем. Электроны более активного металла (*Zn*) перетекают на металл с меньшей активностью (*Fe*) и удерживают положительные катионы последнего от перехода в электролит. В результате

замедляется разрушение конструкции. Железо в этой паре не корродирует до тех пор, пока не будет разрушен слой цинка в радиусе его действия. Таким образом, защита металла от коррозии нанесением на его поверхность анодного покрытия сводится к жертве одного металла (более активного) для спасения другого (менее активного).

Цинк имеет меньший электродный потенциал, чем железо. Поэтому его защитное действие не только механическое, но и электрохимическое. Мелкие детали оцинковывают диффузионным способом. В стальной барабан загружают изделия, подлежащие оцинкованию, и засыпают их смесью, состоящей из порошка цинка и окиси цинка. В барабане поддерживается температура 230…400 °С.

Наряду с применением анодных покрытий к *электрохимическим* методам защиты относятся протекторная, катодная и анодная защита.

Скорость электрохимической коррозии зависит от протекания анодных и катодных реакций. Сущность электрохимической защиты состоит в том, что любое отклонение от стационарности, которое может быть достигнуто, например, за счет поляризации металла внешним током или контакта его с другим металлом, неизбежно приводит к снижению скорости одной и увеличению скорости другой реакции. При этом интенсивность коррозии снижается или процесс прекращается полностью.

Катодную поляризацию осуществляют путем присоединения защищаемой конструкции к отрицательному полюсу внешнего источника тока или к металлу, имеющему более отрицательный электродный потенциал. Этот метод используют для борьбы с коррозией таких металлов как сталь, медь, латунь, алюминий.

Получает распространение анодная электрозащита (конструкцию подключают к положительному полюсу внешнего источника тока), сопровождающаяся образованием на защищаемом объекте – аноде оксидных плёнок.

Протекторная защита заключается в искусственном образовании электрохимической цепи путём присоединения к защищаемому объекту более активного в данной среде металла, который и разрушается. Протектор периодически возобновляется в связи с его растворением. Впервые она была применена для предотвращения коррозии стальной обшивки морских судов. К корпусу судна

прикрепляли цинковые пластины, которые, растворяясь в морской воде, защищали стальной корпус.

Эффективность протекторной защиты зависит не только от материала протектора, но и от электропроводности электролита: чем выше его проводимость, тем на большую поверхность распространяется защитное действие протектора.

Протекторы располагают у наиболее опасных в коррозионном отношении мест конструкции. Так, в тракторах типа МТЗ защита применена для предохранения нижнего резервуара радиатора водяного охлаждения двигателя. Резервуар изготовлен из листовой стали. Трубки радиатора латунные. В активной паре *Cu - Fe* роль анода выполняет стальной резервуар. Для его защиты от коррозионного разрушения к внутренней поверхности припаивают цинковую пластину.

Особого внимания заслуживает один из наиболее эффективных инженерных методов защиты от коррозии, который получил широкое применение за последние десятилетия. Это – способ её торможения при помощи добавки в агрессивную среду, лакокрасочные покрытия, защитную смазку или упаковочную бумагу специальных веществ, задерживающих разрушение металла. Они получили название **ингибиторов** коррозии. Небольшие добавки их в десятки, сотни, а иногда в тысячи раз уменьшают связанные с нею вредные последствия. Этим методом можно успешно защищать практически любые металлы и почти в любых средах, включая, воздух, агрессивные газы, морскую и пресную воду, охлаждающие жидкости, моторные масла, жидкое топливо. Весьма перспективно защищать этими методами сельскохозяйственную технику.

По механизму действия ингибиторы можно разделить на катодные, анодные и смешанные. В кислой среде эффективно действуют азотосодержащие и серосодержащие органические вещества (тиомочевина, уротропин, производные аминов). Большинство из них прочно адсорбируются на поверхности металла, повышая перенапряжение катодных и анодных реакций, то есть, оказывая экранирующее действие.

В нейтральных средах ингибирующее действие оказывают как неорганические вещества (силикаты, хроматы, фосфаты, нитриты), так и органические соединения (соли бензойной, адипиновой и других органических кислот, бензотриазол). Коррозионно-тормозящее действие их связывают либо с окислением поверхности металла

(хроматы, нитриты), либо с образованием плёнки труднорастворимого соединения (фосфаты), либо с адсорбционными явлениями на поверхности металла, вследствие чего повышается потенциал металла и замедляется его анодное растворение.

Ингибиторы могут быть летучими и ползучими. Летучие ингибиторы заполняют собой некоторое пространство, а ползучие, попав на изделия в нескольких местах, расползаются по всей поверхности.

Применение ингибиторов позволяет сохранять запасные части, на автотранспорте - продлевать срок службы ДВС. Весьма перспективно защищать сельскохозяйственные машины добавками их в нефтепродукты и краски. Шампуни, предназначенные для мойки легковых автомобилей, в своем составе имеют ингибиторы коррозии, предотвращающие образование коррозии в трещинах на лакокрасочных покрытиях.

Защита конструкций и узлов от контактной коррозии может быть осуществлена следующими приемами: правильным выбором контактирующих металлов, электрической изоляцией контактирующих металлов, рациональными методами конструирования, обработкой коррозионной среды ингибиторами, электрохимической защитой.

Первый путь является наиболее эффективным, так как при этом ликвидируются условия возникновения коррозии. В таблице 17 приведены сведения о совместимости некоторых металлов и сплавов.

Более подробные сведения о допустимости контактов металлов в изделиях, в зависимости от внешних условий, приведены в ГОСТ 9.005-72 «Допустимые и недопустимые контакты металлов. Общие требования».

Считается допустимым контакт алюминиевых сплавов с алюминиевыми, отличающимися по составу; со сплавами на цинковой основе (см. табл. 17), любыми материалами, покрытыми цинком, кадмием и алюминием. Контакт недопустим с нержавеющими и другими высоколегированными сплавами, с хромированными и никелированными деталями, с медью и медными сплавами, никелем и его сплавами.

Стальные детали подвергаются коррозии при контактировании их с медью и медными сплавами, нержавеющими сталями и т.п. Для устранения коррозии в этих случаях, необходимо сплавы, контактирующие со сталью, оцинковывать или кадмировать.

Таблица 17

Совместимость некоторых металлов и сплавов

Металл (сплав)	*Al*	Бронза	Дюралюминий	Латунь	*Cu*	*Ni*	*Sn*	*Cr*	*Zn*	Сталь нелегированная
Al	С	Н	С	Н	Н	Н	Н	Н	С	С
Бронза	Н	С	Н	С	С	С	С	С	Н	Н
Дюралюминий	С	Н	С	Н	Н	Н	Н	Н	С	С
Латунь	Н	С	Н	С	С	С	Н	С	Н	Н
Cu	Н	С	Н	С	С	С	Н	С	Н	Н
Ni	Н	С	Н	С	С	С	Н	-	С	С
Sn	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С	-	С	С
Cr	Н	С	Н	С	С	-	-	С	С	С
Zn	С	Н	С	Н	Н	С	С	С	С	С
Сталь нелегированная	С	Н	С	Н	Н	С	С	С	С	С
С – совместимые пары; Н – несовместимые пары										

Защита конструкций от **щелевой** коррозии может быть осуществлена следующими методами: уплотнением зазоров и щелей, рациональными методами конструпрования, электрохимической защитой, подбором материалов, малочувствительных к щелевой коррозии; ингибиторами.

Уплотнение зазоров является самым действенным средством борьбы со щелевой коррозией. Для этой цели применяются изолирующие ленты, герметики и смазки. Хорошей сопротивляемостью щелевой коррозии обладают нержавеющие стали, которые содержат молибден, хром, титан.

Борьба с питтинговой коррозией заключается в выборе оптимального состава металлов, повышении чистоты металла по включениям и примесям. Наиболее стойкими против питтинговой коррозии являются стали, содержащие в своем составе молибден. Повышает стойкость стали против коррозии дополнительное легирование её кремнием и ванадием.

Борьба с коррозионным растрескиванием сводится к созданию напряжений сжатия в местах, подверженных коррозионному растрескиванию; воздействием на агрессивную среду введением ингибиторов.

Межкристаллитная коррозия встречается у нержавеющих сталей. Их коррозионные свойства зависят от содержания хрома. Введение этого элемента в сталь, в количестве 12% и более, на несколько порядков повышает ее коррозионную стойкость, даже по сравнению со сталью легированной 11% хрома. Именно 12% хрома служат отправной точкой для последующего легирования нержавеющей стали хромом и другими элементами.

В интервале температур 500…850 °С на границах зерен происходят микроструктурные превращения с образованием карбамидов хрома и образованием зон, обедненных хромом. Поэтому при контакте с агрессивными средами эти обедненные зоны избирательно растворяются, что служит началом развития межкристаллитной коррозии. Чтобы избавиться от нее, надо исключить возможность образования при сварке нержавеющих сталей карбидов хрома (соединение углерода и хрома) и обедненных хромом зон по границам зерен.

Меры борьбы с межкристаллитной коррозией включают также: снижение содержания углерода в стали до 0,01%; введение в сталь стабилизирующих элементов (титан, тантал и др.), которые способствуют переходу углерода в тугоплавкие карбиды; применение термической обработки изделий, способствующей разложению карбидов хрома.

Применение защитных смазок и консервационных материалов. Консервационные материалы (восковые дисперсии, различные нефтепродукты, резинобитумные и ингибированные составы) образуют на металлической поверхности защитные пленки, которые изолируют металл от окружающей среды и разрушают систему гальванических микроэлементов на его поверхности.

К числу существующих препаратов можно отнести:

1. Пластичные смазки характеризуются высокой защитной эффективностью, но и значительной трудоемкостью применения при консервации и расконсервации.

2. Жидкие консервационные масла характеризуются хорошей технологичностью, но защитная способность их невысокая из-за возможности смыва атмосферными осадками. Их применяют для консервации внутренних поверхностей.

3. Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНСы) образуют на защищаемой поверхности твердые и полутвердые пленки. Такие составы применяют для противокоррозионной защиты техники при хранении на открытых площадках.

4. Защитные восковые дисперсии – это суспензии защитных материалов в воде или в бензине. Такие составы обеспечивают защиту от атмосферной коррозии не только металлических деталей машин, но также резины и лакокрасочных покрытий.

5. Маслорастворимые ингибиторы коррозии в сочетании с маслами образуют консервационные композиции для защиты наружных и внутренних поверхностей машин и механизмов.

6. Летучие ингибиторы коррозии, испаряясь в замкнутом объеме, насыщают своими парами поверхности изделий и предохраняют их от атмосферной коррозии.

7. Ингибированная бумага, пропитанная нелетучими ингибиторами. Ее применяют для надежной герметизации изделий на срок от 5 до 10 лет.

При выборе консервационных материалов необходимо учитывать: вид защищаемой поверхности, характер агрессивной среды и других разрушающих факторов, технологию применения состава, экономические характеристики и дефицитность применяемых материалов.

Задание

Провести ускоренные испытания различных защитных покрытий на коррозионную стойкость.

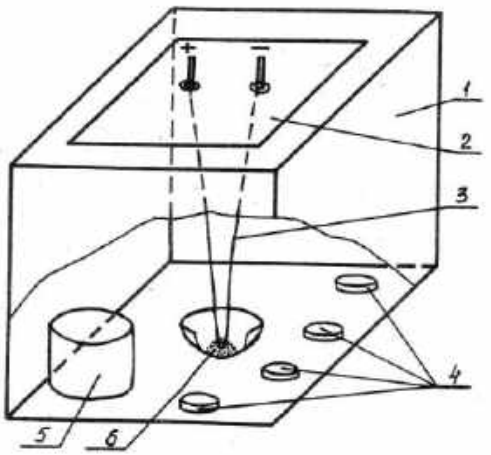


Рис. 14. Устройство камеры для ускоренных испытаний защитных покрытий
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – нагревательная спираль; 4 – исследуемые образцы; 5 – ёмкость с водой; 6 – навеска с серой

Для ускоренных испытаний защитных покрытий применяется специальная камера (рис. 14), позволяющая создавать агрессивную коррозионную среду. Она состоит из корпуса *1*, выполненного из органического стекла, сверху имеет крышку *2*, в которой смонтирована электрическая нагревательная спираль 3. Внутри располагаются исследуемые образцы *4*. В камере создаётся влажная атмосфера путём помещения в неё ёмкости *5* с горячей водой. Агрессивная среда получается путём сжигания навески серы *6*.

В качестве защитных покрытий можно применять отработанное масло, антикоррозийную смазку, ингибированную бумагу, ползучий ингибитор, промасленную бумагу, битумную смазку и др.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить образцы к нанесению защитного покрытия. Для этого рабочие поверхности образцов зачистить наждачной бумагой до металлического блеска и обезжирить ацетоном.

2. Нанести на образцы исследуемые защитные покрытия Для сравнения взять незащищенные образцы и образцы искусственно загрязненные.

3. Поместить образцы в камеру ускоренных испытаний. Для сопоставимости результатов образцы располагать рабочей поверхностью кверху.

4. Поставить в камеру ёмкость с горячей водой для создания в камере избыточной влажности.

5. Насыпать навеску серы (0,5 г) и закрыть камеру крышкой. Проследить, чтобы нагревательная спираль коснулась серы. Для полной герметизации стыки крышки залить парафином.

6. Сжечь серу, подведя электрический ток к нагревательной спирали.

7. Выдержать образцы в агрессивной среде в течение суток.

8. По результатам опыта дать сравнительную оценку применяемым защитным покрытиям.

За оценку стойкости покрытия принимается степень поражения поверхности коррозией по площади.

Контрольные вопросы

1. Что является первопричиной коррозии?

2. Приведите наиболее агрессивные коррозионные среды в с.х. Почему при постановке машин на хранение необходима тщательная их очистка?

3. Какие существуют виды коррозии по механизму протекания процесса и по характеру поражения поверхности?

4. Какие существуют виды защиты металлов от коррозии?

5. В чем сущность электрохимической защиты?

6. Назовите основные методы защиты от контактной и щелевой коррозии.

7. Декатирование. Пассивирование. Оксидирование. Поясните суть процессов, приведите примеры. Что такое ингибиторы коррозии?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Курчаткин, В. В. Надежность и ремонт машин : учебное пособие / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; Под ред В.В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 776 с. : ил.

2. Галеев, А.Д. Основы надежности технических систем : учебно-методическое пособие / Е.В. Старовойтова, С.И. Поникаров. – Казань : КНИТУ, 2019. – 224 с.

3. Власов, П.А. Причины снижения надежности сельскохозяйственной техники : учебное пособие. – Саратов : ССХИ, 1990 (1991). – 50 с. : ил.

4. Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://book.ru

5. Российская научная электронная библиотека [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://elibrary.ru

6. Сетевой научно-методический журнал [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://agromagazine.msau.ru/

7. ГОСТ 9.402-2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200040460

8. ГОСТ Р 27.102-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200181141

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.1

Коэффициент Ирвина λ_m

Повторность информации N	λ при β=0,95	λ при β = 0,99	Повторность информации N	λ при β = 0,95	λ при β = 0,99
2	2,8	3,7	30	1,2	1,7
3	2,2	2,9	50	1,1	1,6
10	1,5	2,0	100	1,0	1,5
20	1,3	1,8	400	0,9	1,3

Таблица П.1.2

Дифференциальная функция закона нормального распределения

$$f_0\left(\frac{t_{ic}-\bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ic}-\bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,1	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39
0,2	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38
0,3	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37
0,4	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35
0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
0,6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
0,7	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29
0,8	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0,9	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24
1,0	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
1,1	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
1,2	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17
1,3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
1,4	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
1,5	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
1,6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1,7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
1,8	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
1,9	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
2,0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
2,2	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
2,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2,5	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
2,6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2,8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица П.1.3

Интегральная функция закона нормального распределения

$$F_0\left(\frac{t_{ik}-\bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ik}-\bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54
0,1	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58
0,2	0,58	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61
0,3	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65
0,4	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69
0,5	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
0,6	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75
0,7	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79
0,8	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81
0,9	0,82	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84
1,0	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86
1,1	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
1,2	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
1,3	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92
1,4	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
1,5	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
1,6	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96
1,7	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
1,8	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
1,9	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
2,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
2,1	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
2,2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,3	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,5	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица П.1.4

Параметры и коэффициенты закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

b	$K_в$	$C_в$	V	$S_в$	$P_{оп}$
0,800	1,133	1,428	1,261	2,815	0,669
0,820	1,114	1,367	1,227	2,707	0,661
0,840	1,096	1,311	1,196	2,608	0,658
0,860	1,080	1,261	1,167	2,514	0,655
0,880	1,066	1,214	1,139	2,427	0,652
0,900	1,052	1,171	1,113	2,345	0,649
0,920	1,040	1,132	1,088	2,268	0,645
0,940	1,029	1,095	1,064	2,195	0,641
0,960	1,018	1,061	1,042	2,127	0,638
0,980	1,009	1,029	1,020	2,062	0,635
1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	0,632
1,040	0,984	0,947	0,962	1,886	0,626
1,080	0,971	0,900	0,927	1,782	0,620
1,120	0,959	0,858	0,894	1,688	0,615
1,160	0,949	0,821	0,865	1,601	0,610
1,200	0,941	0,787	0,837	1,521	0,605
1,240	0,933	0,757	0,811	1,447	0,600
1,280	0,926	0,729	0,787	1,378	0,596
1,320	0,921	0,704	0,765	1,314	0,592
1,360	0,916	0,681	0,744	1,255	0,588
1,400	0,911	0,660	0,724	1,198	0,584
1,420	0,909	0,650	0,714	1,172	0,582
1,440	0,908	0,640	0,705	1,146	0,580
1,460	0,906	0,631	0,696	1,120	0,578
1,480	0,904	0,622	0,687	1,096	0,577
1,500	0,903	0,613	0,679	1,072	0,576
1,520	0,901	0,605	0,671	1,049	0,574
1,540	0,900	0,597	0,663	1,026	0,572
1,560	0,899	0,589	0,655	1,004	0,570
1,580	0,898	0,581	0,647	0,983	0,569
1,600	0,897	0,574	0,640	0,962	0,568
1,620	0,896	0,567	0,633	0,942	0,566
1,640	0,895	0,560	0,626	0,922	0,564
1,660	0,894	0,553	0,619	0,902	0,563
1,680	0,893	0,546	0,612	0,883	0,562
1,700	0,892	0,540	0,605	0,865	0,561
1,720	0,892	0,534	0,599	0,847	0,559
1,740	0,891	0,528	0,593	0,829	0,558
1,760	0,890	0,522	0,587	0,812	0,557
1,780	0,890	0,517	0,581	0,795	0,556
1,800	0,889	0,511	0,575	0,779	0,555
1,820	0,889	0,506	0,569	0,763	0,553
1,840	0,888	0,501	0,564	0,747	0,552
1,860	0,888	0,496	0,558	0,731	0,551

Продолжение таблицы П.1.4

b	$K_в$	$C_в$	V	$S_в$	$P_{оп}$
1,880	0,888	0,491	0,553	0,716	0,550
1,900	0,887	0,486	0,547	0,701	0,549
1,920	0,887	0,481	0,542	0,687	0,548
1,940	0,887	0,476	0,537	0,672	0,547
1,960	0,887	0,472	0,532	0,658	0,546
1,980	0,886	0,468	0,527	0,645	0,545
2,000	0,886	0,463	0,523	0,631	0,544
2,020	0,886	0,459	0,518	0,618	0,543
2,040	0,886	0,455	0,513	0,605	0,542
2,060	0,886	0,451	0,509	0,592	0,541
2,080	0,886	0,447	0,505	0,579	0,540
2,100	0,886	0,443	0,500	0,567	0,539
2,120	0,886	0,439	0,496	0,555	0,538
2,140	0,886	0,436	0,492	0,543	0,537
2,160	0,886	0,432	0,488	0,531	0,536
2,180	0,886	0,428	0,484	0,520	0,535
2,200	0,886	0,425	0,480	0,509	0,535
2,220	0,886	0,421	0,476	0,498	0,534
2,240	0,886	0,418	0,472	0,487	0,533
2,260	0,886	0,415	0,468	0,476	0,533
2,280	0,886	0,412	0,465	0,465	0,532
2,300	0,886	0,408	0,461	0,455	0,531
2,320	0,886	0,405	0,457	0,444	0,531
2,340	0,886	0,402	0,454	0,434	0,530
2,360	0,886	0,399	0,451	0,424	0,529
2,380	0,886	0,396	0,447	0,415	0,528
2,400	0,886	0,393	0,444	0,405	0,527
2,420	0,887	0,391	0,441	0,395	0,527
2,440	0,887	0,388	0,437	0,386	0,526
2,460	0,887	0,385	0,434	0,377	0,526
2,480	0,887	0,382	0,431	0,368	0,525
2,500	0,887	0,380	0,428	0,359	0,524
2,520	0,887	0,377	0,425	0,350	0,524
2,540	0,888	0,374	0,422	0,341	0,523
2,560	0,888	0,372	0,419	0,332	0,522
2,580	0,888	0,369	0,416	0,324	0,521
2,600	0,888	0,367	0,413	0,315	0,520
2,620	0,888	0,364	0,410	0,307	0,520
2,640	0,889	0,362	0,407	0,299	0,519
2,680	0,889	0,357	0,402	0,283	0,518
2,700	0,889	0,355	0,399	0,275	0,517
2,720	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,740	0,890	0,351	0,394	0,260	0,516
2,760	0,890	0,348	0,392	0,252	0,516

Продолжение таблицы П.1.4

b	K_g	C_g	V	S_g	$P_{oд}$
2,780	0,890	0,346	0,389	0,245	0,515
2,800	0,890	0,344	0,387	0,237	0,514
2,820	0,891	0,342	0,384	0,230	0,514
2,840	0,891	0,340	0,382	0,223	0,513
2,860	0,891	0,338	0,379	0,216	0,513
2,880	0,891	0,336	0,377	0,209	0,512
2,900	0,892	0,334	0,375	0,202	0,512
2,920	0,892	0,332	0,372	0,195	0,511
2,940	0,892	0,330	0,370	0,188	0,511
2,960	0,892	0,328	0,368	0,181	0,510
2,980	0,893	0,326	0,366	0,175	0,510
3,000	0,893	0,325	0,363	0,168	0,509
3,020	0,893	0,323	0,361	0,162	0,509
3,040	0,893	0,321	0,359	0,155	0,508
3,060	0,894	0,319	0,357	0,149	0,508
3,080	0,894	0,317	0,355	0,143	0,507
3,100	0,894	0,316	0,353	0,136	0,507
3,120	0,895	0,314	0,351	0,130	0,507
3,140	0,895	0,312	0,349	0,124	0,506
3,160	0,895	0,310	0,347	0,118	0,506
3,180	0,895	0,309	0,345	0,112	0,505
3,200	0,896	0,307	0,343	0,106	0,505
3,220	0,896	0,306	0,341	0,101	0,505
3,240	0,896	0,304	0,339	0,095	0,504
3,260	0,896	0,302	0,337	0,089	0,504
3,280	0,897	0,301	0,335	0,083	0,503
3,300	0,897	0,299	0,334	0,078	0,503
3,320	0,897	0,298	0,332	0,072	0,503
3,340	0,898	0,296	0,330	0,067	0,502
3,360	0,898	0,295	0,328	0,061	0,502
3,380	0,898	0,293	0,326	0,056	0,501
3,400	0,898	0,292	0,325	0,051	0,501
3,420	0,899	0,290	0,323	0,046	0,501
3,440	0,899	0,289	0,321	0,040	0,500
3,460	0,899	0,287	0,320	0,035	0,500
3,480	0,899	0,286	0,318	0,030	0,499
3,500	0,900	0,285	0,316	0,025	0,499
3,520	0,900	0,283	0,315	0,020	0,499
3,540	0,900	0,282	0,313	0,015	0,498
3,560	0,901	0,281	0,312	0,010	0,498
3,580	0,901	0,279	0,310	0,005	0,497
3,600	0,901	0,278	0,308	0,001	0,497
3,620	0,901	0,277	0,307	-0,004	0,497
3,640	0,902	0,275	0,305	-0,009	0,496

Окончание таблицы П.1.4

b	K_g	C_s	V	S_g	P_{on}
3,660	0,902	0,274	0,304	-0,014	0,496
3,680	0,902	0,273	0,302	-0,018	0,495
3,700	0,902	0,272	0,301	-0,023	0,495
3,720	0,903	0,270	0,299	-0,027	0,495
3,740	0,903	0,269	0,298	-0,032	0,495
3,760	0,903	0,268	0,297	-0,036	0,494
3,780	0,903	0,267	0,295	-0,041	0,494
3,800	0,904	0,266	0,294	-0,045	0,494
3,820	0,904	0,264	0,292	-0,050	0,494
3,840	0,904	0,263	0,291	-0,054	0,494
3,860	0,905	0,262	0,290	-0,058	0,493
3,880	0,905	0,261	0,288	-0,062	0,493
3,900	0,905	0,260	0,287	-0,067	0,493
3,920	0,905	0,259	0,286	-0,071	0,492
3,940	0,906	0,258	0,284	-0,075	0,492
3,960	0,906	0,256	0,283	-0,079	0,492
3,980	0,906	0,255	0,282	-0,083	0,491
4,000	0,906	0,254	0,280	-0,087	0,491
4,020	0,907	0,253	0,279	-0,091	0,491
4,040	0,907	0,252	0,278	-0,095	0,490
4,060	0,907	0,251	0,277	-0,099	0,490
4,080	0,907	0,250	0,276	-0,103	0,489
4,100	0,908	0,246	0,274	-0,107	0,489
4,120	0,908	0,248	0,273	-0,111	0,489
4,140	0,908	0,247	0,272	-0,115	0,488
4,160	0,908	0,246	0,271	-0,118	0,488
4,180	0,909	0,245	0,270	-0,122	0,487
4,200	0,909	0,244	0,268	0,126	0,487

Таблица П.1.5

Дифференциальная функция закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

$\frac{t_{ix}-C}{a}$	Параметр b						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
0,1	0,91	0,71	0,54	0,39	0,28	0,20	0,03
0,2	0,82	0,75	0,66	0,57	0,47	0,38	0,12
0,3	0,74	0,75	0,72	0,67	0,61	0,55	0,26
0,4	0,67	0,72	0,74	0,73	0,71	0,68	0,45
0,5	0,61	0,68	0,73	0,76	0,78	0,78	0,66
0,6	0,55	0,63	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87
0,7	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86	1,04
0,8	0,45	0,53	0,62	0,70	0,77	0,84	1,15
0,9	0,41	0,49	0,57	0,65	0,72	0,80	1,17
1,0	0,37	0,44	0,52	0,59	0,66	0,74	1,10
1,1	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59	0,66	0,96
1,2	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,57	0,77
1,3	0,27	0,32	0,37	0,41	0,45	0,48	0,56
1,4	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,39	0,38
1,5	0,22	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,23
1,6	0,20	0,23	0,25	0,25	0,26	0,25	0,13
1,7	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,06
1,8	0,17	0,18	0,18	0,18	0,16	0,14	0,03
1,9	0,15	0,16	0,16	0,14	0,13	0,10	0,01
2,0	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,07	0,00
2,1	0,12	0,12	0,11	0,09	0,07	0,05	0,00
2,2	0,11	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	-
2,3	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02	-
2,4	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	-
2,5	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	-

Таблица П.1.6

Интегральная функция $F[(t_{ik} - C)/a]$
закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

$\frac{t_{ik} - C}{a}$	Параметр b											
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,1	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
0,2	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
0,3	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
0,4	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15
0,5	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22
0,6	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,30
0,7	0,52	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,40	0,39
0,8	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47
0,9	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70
1,2	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76
1,3	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
1,4	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86
1,5	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90
1,6	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
1,7	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94
1,8	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97
1,9	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97
2,0	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98
2,1	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
2,2	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
2,3	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00
2,4	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
2,5	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
2,6	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
2,7	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2,8	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2,9	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,0	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,5	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,0	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Окончание таблицы П.1.6

$\frac{t_{ik}-t_{cu}}{a}$	Параметр b										
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,9	4,0
0,1	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,3	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01
0,4	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,03	0,03
0,5	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,06	0,06
0,6	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,13	0,12
0,7	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,22	0,21
0,8	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,41	0,34	0,34
0,9	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,48	0,48
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,77	0,77
1,2	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,87	0,87
1,3	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,94	0,94
1,4	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,98	0,98
1,5	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,99	0,99
1,6	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	1,00	1,00
1,7	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
1,8	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
1,9	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,0	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,1	0,99	0,99	1,00	1,00							
2,2	0,99	1,00	1,00	1,00							
2,3	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,4	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,5	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,6	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,7	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,8	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,9	1,00	1,00	1,00	1,00							
3,0	1,00	1,00	1,00	1,00							
3,5	1,00	1,00	1,00	1,00							
4,0	1,00	1,00	1,00	1,00							

Таблица П.1.7

Значения $P(\lambda)$ критерия Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,0	1,000	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,000	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,000	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,000	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,997	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,967	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

Таблица П.1.8

Вероятность совпадения P % по критерию согласия χ^2

r	P, %							
	95	90	80	70	50	30	20	10
1	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60
3	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24
6	1,64	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,34	8,38	9,80	12,0
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0

Таблица П.1.9

Коэффициенты t_β, r_1 и r_3 для двусторонних доверительных границ

N	$\beta = 0,60$			$\beta = 0,80$			$\beta = 0,90$			$\beta = 0,95$		
	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3
3	1,06	1,95	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,42
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,46
5	0,94	1,62	0,75	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,49
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,57	2,72	0,51
7	0,91	1,48	0,77	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	0,90	1,43	0,78	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,56
9	0,89	1,40	0,79	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	0,88	1,37	0,80	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	0,88	1,35	0,80	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	0,88	1,33	0,81	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	0,87	1,31	0,81	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,88	0,62
14	0,87	1,29	0,83	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63
15	0,87	1,28	0,83	1,35	1,46	0,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	0,86	1,24	0,85	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	0,86	1,21	0,86	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	0,85	1,18	0,87	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72
40	0,85	1,16	0,88	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	0,85	1,14	0,89	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	0,85	1,12	0,90	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	0,85	1,10	0,91	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	0,85	1,09	0,92	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

Таблица П.1.10

Квантили закона распределения Вейбулла (ЗРВ) H_k^s

$F(t)$, ΣP_i	Параметр s															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,22	0,27	0,32
0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42
0,05	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48
0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52
0,10	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,41	0,47	0,53	0,57
0,15	0,14	0,17	0,19	0,23	0,25	0,29	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63
0,20	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,55	0,61	0,65	0,69
0,25	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,61	0,66	0,70	0,73
0,30	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,66	0,71	0,75	0,77
0,35	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,71	0,75	0,79	0,81
0,40	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85
0,45	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88
0,50	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91
0,55	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,93	0,94	0,95
0,60	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
0,65	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
0,70	1,23	1,20	1,18	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05
0,75	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,14	1,11	1,10	1,09
0,80	1,70	1,61	1,54	1,49	1,44	1,41	1,37	1,35	1,32	1,30	1,29	1,27	1,21	1,17	1,15	1,13
0,85	2,11	1,96	1,84	1,74	1,67	1,61	1,55	1,51	1,47	1,45	1,32	1,39	1,31	1,25	1,21	1,18
0,90	2,53	2,30	2,13	2,00	1,90	1,81	1,74	1,68	1,63	1,59	1,55	1,52	1,40	1,32	1,27	1,23
0,93	2,96	2,66	2,43	2,26	2,12	2,01	1,92	1,84	1,78	1,72	1,67	1,63	1,48	1,39	1,32	1,28
0,95	3,38	3,00	2,71	2,49	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,78	1,73	1,55	1,44	1,37	1,32
0,97	4,03	3,51	3,13	2,84	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,01	1,94	1,87	1,65	1,52	1,43	1,37
0,99	5,46	4,60	4,01	3,57	3,24	2,98	2,77	2,60	2,46	2,34	2,23	2,15	1,84	1,66	1,55	1,46

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Практическое занятие № 1 Выбор плана испытаний 4

Практическое занятие № 2 Методика обработки полной информации по показателям надежности с построением статистического ряда информации 8

Практическое занятие № 3 Расчет дифференциальных и интегральных функций при оценке показателя надежности для ЗНР и ЗРВ 13

Практическое занятие № 4 Методы выбора теоретического закона распределения показателя надежности 17

Практическое занятие № 5 Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности и ошибки переноса 23

Практическое занятие № 6 Методика обработки полной информации по показателям надежности при малых выборках 29

Практическое занятие № 7 Прогнозирование остаточного ресурса 36

Практическое занятие № 8 Коррозия 45

Рекомендуемая литература 66

Приложения 67

Учебное издание

Жильцов Сергей Николаевич,
Приказчиков Максим Сергеевич

НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания

Подписано в печать 22.11.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 4,59; печ. л. 4,94. Тираж 50. Заказ № 281.
Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru.



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, С. А. Кузнецов, В. М. Янзин

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 629.113.004 (075)
ББК 40.752.я.73
С14

Сазонов, Д. С.

С14 Основы эксплуатации машин и технологического оборудования : методические указания / Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, С. А. Кузнецов, В. М. Янзин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 88 с.

Методические указания содержат описание практических занятий по основным разделам курса «Основы эксплуатации машин и технологического оборудования». Основное внимание уделено эксплуатации технологического и диагностического оборудования при выполнении диагностирования, технического обслуживания и ремонта машин и технологического оборудования.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П.
Кузнецов С. А., Янзин В. М., 2020

Предисловие

Настоящие методические указания посвящены вопросам изучения основ эксплуатации машин и технологического оборудования. В учебном издании уделено внимание расчету состава агрегата и разработке операционно-технологической карты на технологическую операцию, а так же назначению и правилам эксплуатации технологического оборудования, применяемого при диагностировании и техническом обслуживании машин.

Методические указания содержат методики расчета состава агрегата, эксплуатационных затрат и расчета операционно-технологической карты. Особое внимание уделено технологическому оборудованию.

В издании представлены необходимые рекомендации и значительный справочный и материал по современной сельскохозяйственной техники, что позволяет практически без привлечения дополнительных источников выполнять задания.

Цель издания «Основы эксплуатации машин и технологического оборудования» – формирование у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства и первичной переработки продукции растениеводства и животноводства на предприятиях различных организационно-правовых форм; по обеспечению высокой работоспособности и сохранности машин, механизмов и технологического оборудования.

Издание предназначено для обучающихся очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», а так же для инженерно-технических работников АПК.

Занятие 1. Анализ тяговых свойств трактора

Цель занятия: овладеть методикой определения сил сопротивления, действующих на трактор, а так же мощностей, требуемых для преодоления этих сил сопротивления при установившейся рабочей скорости.

Задание. Рассчитаете касательную силу тяги, силы сопротивления движению и составляющие мощностного баланса трактора по индивидуальному заданию.

Тяговый баланс трактора определяет собой равенство между движущей силой и суммой сил сопротивления, действующих на трактор.

Баланс мощности представляет собой равенство между эффективной мощностью на валу двигателя и суммой мощностей, требуемых для преодоления действующих на трактор сил сопротивления.

Рабочая скорость трактора при выполнении им технологической операции должна соответствовать агротехническим требованиям на проведение данной операции (прил. 1). Так как скорость трактора зависит от выбранной передачи, то по приложению 2 необходимо подобрать рабочие передачи (основную и запасную) для трактора, которые обеспечат движение агрегата в указанном диапазоне скоростей V_T.

Для выбранных скоростей V_T необходимо определить передаточное число трансмиссии трактора i_T (прил. 2).

Определить касательную силу P_K тяги на движителях трактора, которая возникает в результате работы двигателя трактора, момент которого через трансмиссию передается на движители

$$P_K = \frac{9554 \cdot N_{eH} \cdot i_T \cdot \eta_{MT}}{r_K \cdot n_H}, \text{ Н},$$

где N_{eH} – номинальная мощность двигателя, кВт (прил. 3).;

i_T – передаточное отношение трансмиссии на выбранной передаче;

n_H – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя (прил. 3), об/мин;

η_{MT} – механический КПД трансмиссии.

- для колесных тракторов $\eta_{ЗМ} = 0{,}91...0{,}92$.

- для гусеничных $\eta_{ЗМ} = 0{,}86...0{,}88$.

$r_к$ – радиус качения ведущих колес или звездочки, м;

Для гусеничных тракторов: $r_к = r_0$;

Для колесных тракторов:

$$r_к = r_0 + \lambda \cdot h;$$

r_0 – радиус обода или начальной окружности звездочки (прил. 3), м;

λ – коэффициент усадки шины равный 0,75-0,80;

h – высота пневматической шины (прил. 3), м.

Рассчитать максимальную силу сцепления F_{max} движителей трактора с почвой на заданных агрофонах:

$$F_{max} = \mu \cdot G_{СЦ}, \text{ Н},$$

где μ – коэффициент сцепления движителей с почвой (прил. 4);

$G_{СЦ}$ – сила сцепного веса трактора, Н.

С достаточной для практических расчетов точностью можно принять для гусеничных и полноприводных тракторов сцепной вес равным весу трактора (прил. 3) $G_{СЦ} = G_{ТР}$. Для колесных тракторов с одной ведущей осью сцепной вес равен $G_{СЦ} = 0{,}66...0{,}75 G_{ТР}$.

Величина коэффициентов сцепления зависит от типа почвы и ее состояния (рыхлая или плотная), влажности почвы, наличия растительного покрова, а также от типа ходовой части трактора (гусеничная или колесная модификация).

Выбрать движущую силу трактора $P_{ДВ}$ на каждой передаче и агротехническом фоне, которая создается двигателем трактора. Движущая сила ограничена двумя независимыми друг от друга пределами. Первый предел движущей силы определяется величиной касательного усилия развиваемого на ободе ведущего колеса. Вторым пределом движущей силы может являться недостаточное сцепление ведущего аппарата трактора с почвой. Остановка трактора может произойти вследствие чрезмерного буксования движителей трактора. Учитывая, что движущая сила имеет два предела, для движения агрегата необходимо, чтобы максимальное усилие

по сцеплению и максимальное усилие, развиваемое на ободе ведущего колеса, были больше сил сопротивления.

Движущая сила $P_{ДВ}$ определяется путем сравнения касательной силы тяги P_K и максимальной силы сцепления F_{max}.

$$\text{если } P_K < F_{max}, \text{ то } P_{ДВ} = P_K.$$

$$\text{если } P_K > F_{max}, \text{ то } P_{ДВ} = F_{max}.$$

Определить силу сопротивления перекатыванию трактора $P_{КАЧ}$, которая направлена против движения и зависит от веса трактора, типа движителей (гусеничные или колесные), от вида и состояния почвы, по которой движется трактор. Сила сопротивления перекатыванию определяется на заданных агрофонах.

$$P_{КАЧ} = f \cdot G_{ТР}, \text{ Н},$$

где f – коэффициент сопротивления перекатыванию (прил. 4)

При движении машинно-тракторного агрегата в гору (подъем) или при спуске появляются дополнительные усилия от составляющих сил веса трактора и агрегатируемых машин. Эти дополнительные усилия оказывают сопротивление передвижению агрегата в гору и помогают ему при движении под уклон. Поэтому необходимо определить силу сопротивления движению трактора на подъём $P_{ПОД}$.

$$P_{ПОД} = i \cdot G_{ТР}, \text{ Н},$$

где i – величина уклона в долях единицы.

Определить тяговое (крюковое) усилие трактора $P_{КР}$

$$P_{КР} = P_{ДВ} - P_{КАЧ} - P_{ПОД}, \text{ Н}.$$

При недостаточном сцеплении $P_K > F_{max}$ необходимо определить усилие неиспользуемое по условиям сцепления $P_{НСЦ}$

$$P_{НСЦ} = P_K - F_{max}, \text{ Н}.$$

Определить рабочие скорости движения агрегата $V_Р$.

$$V_Р = V_Т \cdot \eta_\delta, \text{ км/ч},$$

где η_δ – коэффициент, учитывающий буксование движителей.

$$\eta_\delta = 1 - \frac{\delta}{100},$$

где δ – буксование (прил. 5).

Определить тяговую мощность $N_{КР}$ трактора, которая зависит от тягового усилия трактора и рабочей скорости его движения

$$N_{КР} = \frac{P_{КР} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить тяговый коэффициент полезного действия η_T трактора в заданных условиях

$$\eta_T = \frac{N_{КР}}{N_{eH}}.$$

Определить мощность, теряемую в трансмиссии $N_{ТР}$. Потери мощности в трансмиссии связаны с преодоление сил трения в подшипниках и между зубьями шестерен, а так же с взбалтыванием масла в картерах передач.

$$N_{ТР} = N_e(1-\eta_{МГ}), \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на передвижение трактора $N_{КАЧ}$

$$N_{КАЧ} = \frac{P_{КАЧ} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на преодоление подъема $N_{ПОД}$

$$N_{ПОД} = \frac{P_{ПОД} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на буксование ведущего аппарата $N_{БУК}$

$$N_{БУК} = \frac{(P_{КР} + P_{КАЧ} + P_{ПОД}) \cdot (V_T - V_P)}{3600}, \text{ кВт}$$

Определить мощность, не используемую по условиям сцепления $N_{НСЦ}$

$$N_{НСЦ} = \frac{P_{НСЦ} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Проверить равенство эффективной мощности двигателя по сумме составляющих мощности N_{eH}

$$N_{eH} = N_{КР} + N_{ТР} + N_{КАЧ} + N_{ПОД} + N_{БУК} + N_{НСЦ}, \text{ кВт.}$$

Контрольные вопросы

1. Чем определяется тяговый баланс трактора?
2. Что такое мощностной баланс трактора?
3. От чего зависит касательная сила тяги на движителях трактора?
4. От чего зависит сила сопротивления перекатыванию трактора?
5. Как выбирается движущая сила?
6. Как рассчитать тяговый коэффициент полезного действия и что он характеризует?

Занятие 2. Расчет состава агрегата

Цель занятия: овладеть методикой комплектования и расчета машинно-тракторного агрегата.

Задание. Рассчитаете ширину захвата и тяговое сопротивление агрегата и рабочую скорость агрегата, при необходимости подберите сцепку по индивидуальному заданию.

При комплектовании агрегата необходимо предварительно определить наибольшую возможную ширину B_{max} захвата агрегата при выбранных значениях скорости и соответствующего тягового усилия.

Для прицепного агрегата:

$$B_{\max} = \frac{P_{KP}}{k + g_M \cdot i + g_C \cdot (f_C + i)}, \text{ м},$$

где k – удельное сопротивление (прил. 6), Н/м;

g_M – масса сельскохозяйственной машины, приходящей на 1 метр ширины захвата, Н/м;

g_C – масса сцепки на 1 метр ширины захвата, Н/м.

f_C – коэффициент сопротивления качению сцепки (прил. 4).

$$g_M = \frac{G_M}{B}, \text{ Н/м},$$

где G_M – масса сельскохозяйственной машины (прил. 7), Н;

B – ширина захвата машины (прил. 7), м.

$$g_C = \frac{G_C}{B_C}, \text{ Н/м},$$

где G_C – масса сцепки (прил. 8), Н;

B_C – ширина захвата сцепки (прил. 8), м.

Для навесного агрегата.

$$B_{\max} = \frac{P_{KP}}{k_{\text{Н}} + g_M \cdot (\lambda \cdot f + i)}, \quad \text{м},$$

где $k_{\text{Н}}$ – удельное сопротивление навесной машины, Н/м;

$$k_{\text{Н}} = (0{,}8...0{,}85)k;$$

k – удельное сопротивление (прил. 6), Н/м;

$g_{\text{М}}$ – масса сельскохозяйственной машины, приходящей на 1 метр ширины захвата, Н/м;

$$g_M = \frac{G_M}{B}, \quad \text{Н/м},$$

где G_M – масса сельскохозяйственной машины (прил. 7), Н;

B – ширина захвата машины (прил. 7), м.

λ – коэффициент, учитывающий величину догрузки трактора при работе с навесными машинами:

- при пахоте $\lambda = 0{,}5...1{,}0$;
- при культивации $\lambda = 1{,}0...1{,}5$
- при глубоком рыхлении $\lambda = 1{,}6...2{,}0$.

Для многомашинных маши агрегатов необходимо определить число машин в агрегате с учетом ширины захвата одной машины:

$$m = \frac{B_{\max}}{B},$$

где B – ширина захвата одной машины, м.

Если, поученное число машин в агрегате дробное, то округление до целого числа проводится в меньшую сторону.

Определить фронт сцепки A. Фронт сцепки это расстояние между крайними точками, к которым можно присоединить машины.

$$A = (m-1) \cdot B, \quad \text{м}.$$

По полученному значению A выбрать сцепку (прил. 8).

В том случае, если полученное значение фронта сцепки – A превышает значения, указанные в приложении 7, то принимается сцепка с максимальным фронтом, при условии соответствия ее по техническим характеристикам с.-х. машины, указанным в задании. И для этой сцепки определяется количество машин в агрегате:

$$m = \frac{A_{СЦ}}{B} + 1,$$

где $A_{СЦ}$ – фронт сцепки, указанный в приложении 8.

Фактическая ширина захвата агрегата $B_{АГ}$:

$$B_{АГ} = B \cdot m, \text{ м.}$$

Определить тяговое сопротивление агрегата $R_{АГ}$, возникающее в результате перемещения агрегата и выполнения рабочей машиной технологического процесса

Прицепной агрегат:

$$R_{АГ} = k \cdot B \cdot m + G_M \cdot m \cdot i + G_C \cdot (f_C + i), \text{ Н.}$$

Навесной агрегат:

$$R_{АГ} = k \cdot B \cdot m + G_M \cdot m \cdot (\lambda \cdot f + i), \text{ Н.}$$

Пахотный агрегат:

$$R_{АГ} = k_П \cdot b_К \cdot m_К + G_П \cdot k_g \cdot i, \text{ Н,}$$

где $k_П$ – удельное сопротивление плуга, Н/см,

$b_К$ – ширина захвата корпуса плуга, см;

$m_К$ – количество корпусов;

$G_П$ – вес плуга (прил. 7), Н;

k_g – коэффициент, учитывающий вес земли на корпусах плуга (1,1…1,4).

Удельное сопротивление плуга

$$k_П = k_0 \cdot h_В,$$

где k_0 – удельное сопротивление корпуса плуга (прил. 9) Н/см^2;

$h_В$ – глубина вспашки, см (20…30 см).

Определить коэффициент использования нормального тягового усилия $\eta_И$.

$$\eta_И = \frac{R_{АГ}}{P_{КР}}.$$

Рекомендуемые значения коэффициента использования тягового усилия.

Для пахотных агрегатов $\eta_И = 0{,}85...0{,}95$ (плуги и плоскорезы).

Для непахотных агрегатов $\eta_И = 0{,}92...0{,}98$ (бороны, культиваторы, сеялки).

Сравнить значение $\eta_И$, полученное в результате расчета с требуемым. Если $\eta_И$ больше 1,0, то необходимо перейти на передачу ниже и повторить расчет.

Если $\eta_И$ меньше указанных пределов, то необходимо повторить расчет для более высокой передачи. При этом необходимо учитывать, что с увеличением номера передачи возрастает скорость движения. В этом случае ограничением будут являться агротребования. Для агрегатов, имеющих в своем составе несколько машин с целью улучшения $\eta_И$ может быть увеличено количество машин в составе агрегата.

При невозможности загрузить трактор до требуемых значений коэффициента использования без нарушений агротребований по скорости движения, необходимо принять ту передачу, при которой значение $\eta_И$ наибольшее.

Определить рабочую скорость движения агрегата $V_Р$.

$$V_Р = 0{,}377 \cdot \frac{n_Д \cdot r_К}{i_Т} \cdot \eta_Б, \text{ км/ч,}$$

где $n_Д$ – частота вращения коленчатого вала при расчетном режиме, мин$^{-1}$;

$r_К$ – радиус качения ведущих колес или звездочки, м;

$i_Т$ – передаточное отношение трансмиссии на выбранной передаче;

Частота $n_Д$ определяется по условиям сцепления движителя с почвой.

При достаточном сцеплении ($P_{КН} < F_{max}$):

$$n_Д = n_Н + (n_Х - n_Н) \cdot \frac{P_{КР} - R_{АГ}}{P_{КН}}, \text{ мин}^{-1}.$$

где $n_Н$ – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя

n_X – частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, мин$^{-1}$.

При недостаточном сцеплении ($P_{KH} > F_{\max}$):

$$n_Д = n_H + (n_X - n_H) \cdot \frac{P_{KH} - F_{\max}}{P_{KH}}, \text{ мин}^{-1},$$

Контрольные вопросы

1. Для чего определяют максимально возможную ширину захвата агрегата.
2. Как подбирается сцепка для много машинных агрегатов?
3. От чего зависит тяговое сопротивление агрегата?
4. Как определить коэффициент использования нормального тягового усилия и что он характеризует?
5. Что необходимо сделать, если коэффициент использования нормального тягового больше 1,0?

Занятие 3. Разработка операционно-технологической карты

Цель занятия: освоить методику разработки и составления операционно-технологической карты полевой сельскохозяйственной операции.

Задание. Выберите оптимальный способ движения, определите основные кинематические характеристики трактора, рабочего участка и производительности машинно-тракторного агрегата, составьте операционно-технологическую карту по индивидуальному заданию.

Выбрать способ движения агрегата исходя из агротехнических требований, предъявляемых к производственному процессу.

Челночный способ движения – один из самых распространенных благодаря своей простоте, и для него не надо разбивать поле на загоны. Этим способом выполняют подавляющее большинство операций: внесение удобрений; лущение стерни и дискование; плоскорезную обработку почвы; вспашку оборотным и фронтальным плугами; боронование при небольшой ширине захвата агрегата; сплошную культивацию; прикатывание почвы; посев и посадку

сельскохозяйственных культур; междурядную обработку пропашных культур; уборку сельскохозяйственных культур агрегатами с фронтальными рабочими органами, навешиваемыми на трактор спереди, и др.

Всвал, вразвал и чередование загонов всвал и вразвал связаны с вспашкой и, естественно, их чаще применяют на этой операции. Однако эти способы движения возможны и на некоторых других операциях, включая лущение стерни и дискование, боронование, посев зерновых (непропашных) культур; уборку сельскохозяйственных культур и др.

Беспетлевой комбинированный способ движения чаще применяют на вспашке, а также на уборке картофеля и сахарной свеклы, где нежелательны петлевые повороты.

В зависимости от выбранного способа движения, определить ширину поворотной полосы E (часть загона, временно выделяемая для поворотов):

При петлевых поворотах

$$E = 3 \cdot R + e, \text{ м.}$$

При беспетлевых поворотах

$$E = 1{,}5 \cdot R + e, \text{ м,}$$

где R – радиус поворота агрегата, м;

e – длина выезда агрегата, м.

Длина выезда агрегата e – расстояние, на которое нужно продвинуть агрегат от контрольной линии на поворотной полосе до начала поворота с тем, чтобы избежать огрехов или порчи растений.

$e = 0{,}5 - 0{,}75 l_a$ – для прицепных машин;

$e = 0{,}35 - 0{,}65 l_a$ – для навесных машин.

где l_a – кинематическая длина агрегата, которая складывается из кинематических длин трактора l_{TP}, сцепки l_C и рабочей машины l_M.

$$l_a = l_{TP} + l_C + l_M, \text{ м,}$$

где l_{TP} – кинематическая длина трактора (прил. 10), м;

l_C – кинематическая длина сцепки (прил. 10), м;

l_M – кинематическая длина с.-х. машины (прил. 10, 11), м;

Радиус поворота агрегата R определяется следующим образом:

Для посевных и культиваторных агрегатов:

с одной машиной $R = 1{,}7B_{АГ}$;

с двумя машинами $R = 1{,}2B_{АГ}$;

с тремя машинами $R = 0{,}9B_{АГ}$;

с четырьмя-пятью $R = 0{,}8B_{АГ}$.

Бороновальные и лущильные агрегаты: $R = B_{АГ}$.

Навесные агрегаты: $R = R_{ТРАКТОРА}$ (прил. 12).

Прицепные пахотные агрегаты: $R = (3{,}4...7)B_{АГ}$.

В связи с тем, что ширина поворотной полосы должна быть кратной ширине захвата агрегата, то после расчетов необходимо откорректировать полученное значение ширины поворотной полосы E.

Определить рабочую длину загона по выражению:

$$L_P = L - 2E, \text{ м},$$

где L – длина поля, м.

Для способов движения, которые требуют разбивки поля на загоны, необходимо определить ширину загона C и количество загонов $n_з$.

Движение всвал, вразвал:

$$C = \sqrt{2B_{АГ} \cdot L + 16R^2}, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения:

$$C = \sqrt{3B_{АГ} \cdot L}, \text{ м}.$$

Круговой способ

$$C = 0{,}22 \cdot L, \text{ м}.$$

Расчетная ширина загона должна корректироваться с тем, что бы она была кратной двойной ширине захвата агрегата.

Количество загонов:

$$n_з = \frac{B_П}{C},$$

где $B_П$ – ширина поля, м.

Определить длину холостого пути l_X в зависимости от выбранного способа движения.

Челночный способ движения (петлевые грушевидные повороты):

$$l_X = 6R + 2e, \text{ м}.$$

Способ движения «всвал» или «вразвал»:

$$l_X = 2{,}4R + 0{,}5C - 0{,}5B_{АГ} + 2e, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения:

$$l_X = 1{,}4R + 0{,}5C - \frac{2R \cdot B_{AГ}}{C - B_{AГ}} + 2e \text{, м.}$$

Коэффициент рабочих ходов определяется по формуле

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + l_X}.$$

Определить чистое рабочее время смены T_P из уравнения баланса времени смены

$$T_P = T - t_X - t_1 - t_2 - t_Л \text{, ч,}$$

где T =7 ч – общее время смены,

t_X – время, затраченное на повороты и холостые заезды, ч;

t_1 – время, затраченное на технологическое обслуживание, ч;

t_2 – время, затраченное на техническое обслуживание проводимое, как правило, в начале смены (прил. 13), ч;

$t_Л$ – время, затраченное на личные нужды обслуживающего персонала, принимается равным 0,2 ч.

7. Время, необходимое на совершение одного цикла $t_Ц$

$$t_Ц = \frac{2 \cdot (L_P + l_X)}{500 \cdot V_P} + t_0 \text{, ч,}$$

где t_0 – время остановок, затраченное на технологическое обслуживание за цикл (прил. 14), ч;;

$$t_0 = t_T + t_{OC} \cdot z \text{, ч,}$$

где t_T – время, затрачиваемое на технологическое обслуживание рабочих органов (очистка рабочих органов, проверка глубины обработки, высоты среза, нормы высева, величины потерь и т.д.) (прил. 14);

t_{OC} – длительность одной остановки агрегата для циклического технологического обслуживания (заправка технологических емкостей или выгрузка из них); ч

z – количество остановок за цикл, необходимых для технологических обслуживаний.

Для агрегатов, не имеющих технологических емкостей время, затрачиваемое на циклическое технологическое обслуживание $t_0 = t_T$.

Длительность одной остановки агрегата

$$t_{ОС} = 0{,}05 \cdot m \text{, ч,}$$

где m – количество машин в агрегате, шт.

Количество остановок за цикл Z

$$Z = \frac{2 \cdot L_P}{l_{ОС}}$$

где $l_{ОС}$ – путь заполнения или опорожнения емкости, м.

$$l_{ОС} = \frac{10^4 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi}{h \cdot B_{АГ}}, \text{ м,}$$

где V – объем емкости на машине, м^3 (прил. 11);

γ – плотность материала, кг/м^3;

ψ – коэффициент использования емкости (0,94);

h – норма высева, кг/га;

$B_{АГ}$ – ширина захвата машины, м.

Количество циклов за смену $n_Ц$:

$$n_Ц = \frac{T - t_2 - t_Л}{t_Ц}.$$

Время, затраченное на повороты и холостые заезды t_X:

$$t_X = \frac{l_X}{500 \cdot V_P} \cdot n_Ц \text{, ч}$$

Время остановок агрегата для циклического технологического обслуживания t_1

$$t_1 = t_0 \cdot n_Ц \text{, ч.}$$

Определить общий коэффициент использования времени смены τ

$$\tau = \frac{T_p}{T}.$$

Производительность агрегата:

За цикл $W_Ц$

$$W_Ц = \frac{2 \cdot L_P \cdot B_{АГ}}{10000} \text{, га/цикл.}$$

За час W

$$W = \frac{W_Ц}{t_Ц}, \text{ га/ч.}$$

За смену W_{CM}

$$W_{CM} = 0{,}1 \cdot B_{AГ} \cdot V_P \cdot T_P, \text{ га/см.}$$

Удельный расход топлива $\theta_{ГА}$ при работе агрегата.

$$\theta_{ГА} = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot t_X + Q_0 \cdot t_{OCT}}{W_{CM}}, \text{ кг/га.}$$

где Q_P – расход топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

T_P –чистое рабочее время. ч.

Q_X – расход топлива двигателем трактора при поворотах и холостых заездах, принимаемый 70-75% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

t_X – время, затрачиваемое на повороты, ч.

Q_0 – расход топлива двигателем трактора при остановках, принимаемый 10% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

t_{OCT} – время остановок для технологического обслуживания, ч

Расход топлива двигателем трактора под нагрузкой

$$Q_P = \frac{N_{eH} \cdot g_{eH}}{1000}, \text{ кг/ч,}$$

где g_{eH} – удельный расход топлива двигателем трактора (прил. 3), г/кВт·ч

$$t_{OCT} = t_1 + t_Л, \text{ ч.}$$

Определить затраты труда на единицу работы H_O

$$H_O = \frac{m_M + m_{BC}}{W}, \text{ чел·ч/га,}$$

где m_M и m_{BC} – соответственно количество механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат;

По результатам расчетов составляется операционно-технологическая карта (рис. 1).

Значение параметров	Схемы
1. Условия работы	
Площадь поля - га	
Длина, ширина поля - м	
Удельное сопротивление - Н/ м	
Уклон - %	
2. Агротехнические требования	
Глубина обработки, подрезание сорняков,	
заделка растительных остатков, норма высева,	
норма внесения удобрений и тд	
3. Состав и подготовка агрегатов	
Марка энергомашины -	
Марка СХМ -	
Количество СХМ -	
Марка сцепки -	
Длина выезда агрегата - м	
Минимальный радиус поворота - м	
4. Поле и подготовка поля к работе	
Способ движения -	
Способ поворота -	
Ширина поворотной полосы - м	
Коэффициент рабочих ходов -	
Подготовка поля к работе	
5. Режим работы агрегата	
Скорость движения - км/ ч	
Передачи -	
Среднее время одного цикла - ч	
Производительность	
- за цикл - га/ цикл	
- за час - га/ ч	
- за смену - га/ см	
Плановый расход топлива - кг/ га	
Прямые эксплуатационные затраты - руб/ га	

Схема агрегата с указанием основных кинематических характеристик агрегата (центр агрегата, кинематическая длина трактора, машины, сцепки, агрегата, ширина захвата агрегата)

Схема способа движения (На схеме обозначить: ширину поворотной полосы, длину выезда агрегата, рабочую длину загона, ширину загона)

	Показатели	Нормативы	Баллы	Способ замера, инструмент	Схема взятия проб
6. Контроль качества работы					Схема взятия проб
	Оценка в баллах: 8..9 - отлично 6..7 - хорошо 4..5 - удовлетворительно менее 4 - неудовлетворительно				

Рис. 1. Операционно-технологическая карта

Контрольные вопросы

1. Как рассчитать и откорректировать ширину поворотной полосы?
2. Что такое длина выезда и от чего она зависит?
3. Как найти коэффициент использования рабочих ходов и что он характеризует?
4. От чего зависит радиус поворота агрегата?
5. Как найти коэффициент использования времени смены и что он характеризует?
6. Перечислите составляющие уравнения баланса времени смены?
7. Как рассчитать производительность машинно-тракторного парка за смену?

Занятие 4. Расчет эксплуатационных затрат

Цель занятия: освоить методику определения прямых эксплуатационных затрат при выполнении полевой сельскохозяйственной операции.

Задание. Рассчитать затраты средств на оплату труда, на горюче-смазочные материалы, на ремонт и ТО и амортизацию.

Согласно ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки»:

Прямые эксплуатационные затраты – сумма денежных средств на выполнение отдельной механизированной работы, включающая в себя оплату труда, стоимость горюче-смазочных материалов или электроэнергии, газа, затраты на ремонт и техническое обслуживание техники, амортизационные отчисления, затраты на вспомогательные технологические материалы.

Определить прямые эксплуатационные затраты $З_{ЭКС}$ денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки, которые определяются по формуле

$$З_{ЭКС} = З_{О.Т} + З_{ТСМ} + З_{Р} + А + И_{В.М}\text{, руб./га,}$$

где $З_{О.Т}$ – затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб./га;

$З_{ТСМ}$ – затраты средств на топливо-смазочные материалы руб./га;

$З_{Р}$ – затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га;

$И_{В.М.}$ – издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы, руб./га.

Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала:

$$З_{О.Т} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{МЕХ}} \lambda_k \cdot \tau_k \cdot К_З}{W_{СМ}}, \text{ руб./га,}$$

где λ_k – количество обслуживающего персонала k-й квалификации, чел.;

$n_{МЕХ}$ –число обслуживающего персонала, чел.

τ_k – часовая оплата труда обслуживающего персонала k-й квалификации, руб./чел.-ч;

$К_З$ – коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, регламентируемых законодательством;

Затраты денежных средств на оплату ГСМ

$$З_{ГСМ} = \theta_{ГА} \cdot Ц_Т \cdot К_{СМ.М}, \text{ руб./га,}$$

$Ц_Т$ – цена моторного топлива, руб./кг ;

$К_{СМ.М}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание техники по нормам отчислений от цены машины

$$З_р = \frac{\sum_{j=1}^{n_М} Б_{М_j} \cdot К_{Р_j}}{W_{ЭКС}} \cdot 10^{-4}, \text{ руб./га,}$$

где $n_М$ – число техники, входящей в МТА

$Б_{М_j}$ – цена j-ой техники (без НДС), руб.;

$К_{Р_j}$ – значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены j-ой техники на 100 ч ее работы, принятый в конкретном государстве, % (прил. 15);

$W_{ЭКС}$ – производительность цены j-ой техники за 1 ч эксплуатационного времени, ч.

Амортизационные отчисления

$$A = \frac{1}{W_{СМ}} \sum_{j=1}^{n_М} \frac{Б_{М_j}}{R_{М_j}}, \text{ руб./га,}$$

где R_{M_j} – значение амортизационного ресурса j-ой техники (прил. 15).

Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы

$$И_{В.М.} = \sum_{f=1}^{n_{В.М}} g_f Ц_{В.М_f}, \text{ руб./га,}$$

где $n_{В.М}$ – число наименований вспомогательного технологического материала, руб.

g_f – удельный расход f-го вспомогательного технологического материала кг/ед. наработки;

$Ц_{В.М_f}$ – цена f-го вспомогательного технологического материала, руб.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение прямым эксплуатационным затратам?
2. Каким образом определяют прямые эксплуатационные затраты денежных средств?
3. Как рассчитывают затраты денежных средств на оплату ГСМ?
4. От чего зависят затраты средств на ремонт и техническое обслуживание техники?
5. Как рассчитать амортизационные отчисления?

Занятие 5. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание топливораздаточной колонки НАРА-27М1

Цель занятия: изучить устройство и получить практические навыки эксплуатации топливораздаточной колонки НАРА-27М1.

Оборудование и материалы: топливораздаточная колонка НАРА-27М1.

Задание. Изучить устройство и принцип работы топливораздаточной колонки НАРА-27М1в целом и ее составных узлов, выполнить конспект.

Колонка НАРА-27М1 с электроприводом и дистанционным управлением предназначена для измерения объема топлива вязкостью 0,55 до 40 сСт при его выдаче в топливные баки транспортных средств самоходных машин и тару потребителя. Технические характеристики колонки приведены в таблице 1.

Колонка изготовлена для работы при температурах окружающего воздухе от плюс 50°С до минус 40°С и относительной влажности от 30 до 100% при 25°С.

Температура выдаваемого топлива должна быть:

- для бензина от плюс 35°С до минус 40°С;
- для дизельного топлива и керосина от плюс 50 °С до минус 40 °С (или до температуры помутнения топлива).

Таблица 1

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Номинальный расход колонки, л/мин	50
Минимальная доза выдачи, л	2
Дискретность дозирования, л	1
Пределы допускаемой основной погрешности колонок при температуре окружающей среды и топлива (20±5)°С.	± 0,25
Номинальная тонкость фильтрования, мкм	20
Длина раздаточного рукава, м	4
Габаритные размеры, мм:	
НАРА-27М1Р, НАРА-27М1С, НАРА-27М1Э	660×445×1330
НАРА-27М1ЭН	675×425×1570
Масса, кг, не более:	
НАРА-27М1Р	145
НАРА-27М1С, НАРА-27М1Э, НАРА-27М1ЭН	135

Колонка состоит из следующих основных узлов: фильтра, насоса с электроприводом, отсчетного устройства, измерителя объема, индикатора, газоотделителя, поплавковой камеры, раздаточного крана с рукавом.

Принцип работы колонки приведен на рисунке 2.

На пульте задается доза топлива, подготавливается цепь включения колонки. Нажатием на рычаг в колонке НАРА-27МГР, НАРА-27М1С, а в колонке НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН при снятии раздаточного крана автоматически, включается электродвигатель.

Насос получает вращение через клиноременную передачу от электродвигателя. Под действием разрежения, создаваемого насосом *3*, топливо из резервуара через приемный клапан *1* и фильтр *2* попадает в насос (рис. 2). Насос подает топливо в газоотделитель *6* и далее через клапан *7* в измеритель объема *9*. Отмеренное измерителем топливо направляется через индикатор 10 и раздаточный кран *11* в бак потребителя.

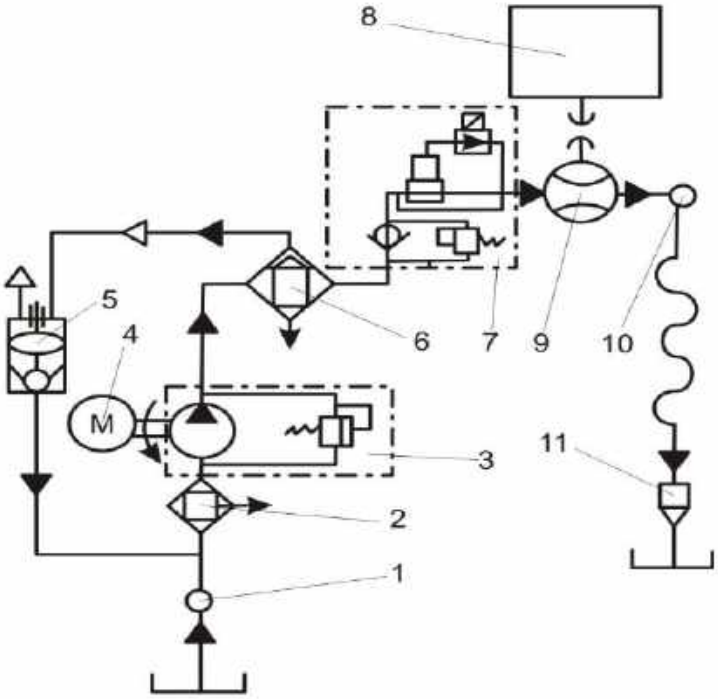


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема:
1 – клапан приемный; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – электродвигатель; 5 – камера поплавковая; 6 – газоотделитель; 7 – клапан электромагнитный; 8 – устройство отсчетное; 9 – измеритель объема; 10 – индикатор; 11 – кран раздаточный

При поступлении топлива в газоотделитель скорость потока резко снижается из-за увеличения проходного сечения, в результате чего из топлива выделяются воздух и пары, которые собираются в верхней части камеры газоотделителя и через отверстие в штуцере крышки, вместе с частью топлива отводятся в поплавковую

камеру *5*. Пары и воздух из поплавковой камеры выходят в атмосферу, а топливо, по мере накопления, поднимает поплавок, который открывает отверстие в штуцере поплавковой камеры и через него уходит в фильтр.

Топливо, поступающее в измеритель объема, заполняя цилиндры, приводит в движение поршни, которые перемещаются из одного крайнего положения в другое.

Поступательное движение поршня вместе с кулисой, на которой он жестко закреплен, преобразуется во вращательное движение вала, причем за один ход поршня коленчатый вал и золотник поворачивается на угол 180°.

Вращение коленчатого вала с золотником дает возможность заполнять поочередно каждый из четырех цилиндров, одновременно вытесняя топливо из противоположного цилиндра (два поршня закреплены на одной кулисе).

Отмеренное измерителем объема топливо через индикатор, рукав и раздаточный кран поступает в емкость потребителя.

Вращательное движение коленчатого вала измерителя объема передается через соединительную муфту в колонке:

- на вал отсчетного устройства (НАРА-27М 1Р и НАРА-27М 1С);
- на вал датчика расхода со счетчиком (НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН).

В колонках НАРА-27М1Р, НАРА-27М1С за период выдачи измерителем объема 1 л топлива вал отсчетного устройства совершает один полный оборот, при этом происходит замыкание и размыкание магнитоуправляемого контакта и обеспечивается подача импульса на пульт управления колонки.

В колонках НАРА-27М1Э И НАРА- 27М1ЭН вращательное движение вала датчика преобразуется в последовательность электрических импульсов, поступающих в отсчетное устройство.

Отсчетное устройство осуществляет подсчет и отображение на индикаторах информации о разовой выдаче топлива.

Фильтр предназначен для очистки топлива от части механических примесей размером свыше 100 мкм.

Фильтрующие элементы устанавливаются на специальном патрубке крышки и легко снимаются при техническом обслуживании. В корпусе *2* фильтра, во всасывающем отверстии, смонтирован обратный клапан *3* для удержания топлива в гидравлической системе колонки в нерабочем состоянии (рис. 3).

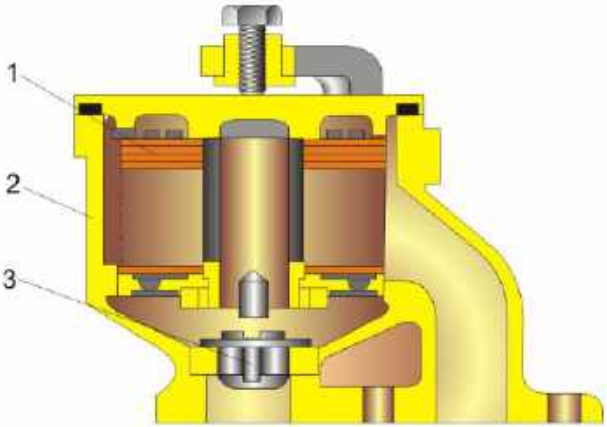


Рис. 3. Фильтр:
1 – фильтрующий элемент; 2 – корпус; 3 – клапан обратный

Насос колонки – пластинчатый (шиберный). Вал ротора *1* насоса вращается на двух шарикоподшипниках *4, 5*, расположенных в крышке (рис. 4).

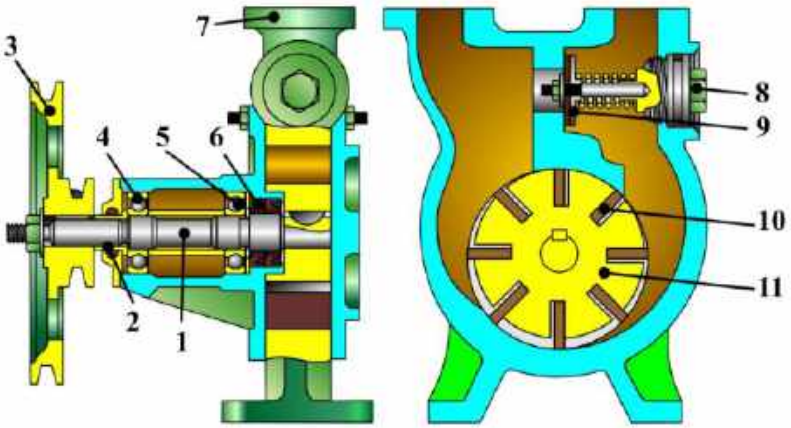


Рис. 4. Насос колонки
1 – вал ротора; 2 – втулка; 3 – шкив; 4, 5 – подшипник;
6 – манжеты, 7 – корпус, 8 – винт регулировочный; 9 – клапан перепускной;
10 – лопатка, 11 – ротор

Во время вращения ротора лопатки *10* под действием центробежной силы прижимаются к внутренней поверхности камеры корпуса насоса и перекачивают топливо из всасывающей полости в нагнетательную.

Направление вращения вала насоса указано стрелкой на шкиве. Насос имеет перепускной клапан *9*, с помощью которого регулируется давление в нагнетательной полости насоса колонки (рис. 4).

Регулировка клапана осуществляется путем поворота регулировочного винта *8*, причем при повороте по часовой стрелке давление в системе увеличивается, против часовой стрелки – уменьшается.

При повышении давления в нагнетательной полости насоса выше величины, на которую отрегулирован клапан, происходит его открытие и насос начинает частично работать на себя.

В газоотделителе (рис. 5) происходит выделение воздуха и паров из проходящего через него топлива, которые собираются в верхней части корпуса *5*. В крышке *10* газоотделителя имеется специальная втулка *9* с поплавком *11* для отвода воздуха и газотопливной смеси через трубопровод в поплавковую камеру (рис. 6), состоящую из корпуса *2*, поплавка *3* с игольчатым клапаном *1* и крышки *4*. Воздух из поплавковой камеры отводится в атмосферу, а скопившееся топливо по мере накопления поднимает поплавок и по трубопроводу отводится в приемную часть гидросистемы.

В газоотделителе (рис. 5) устанавливается фильтрующий элемент *4* с номинальной тонкостью фильтрования 20 мкм. Легкосъемная крышка *10* позволяет быстро сменить фильтрующий элемент. Для слива топлива при ремонтных работах в нижней части газоотделителя имеется отверстие с пробкой *1*.

Клапан. Клапан, установленный между газооотделителем и измерителем объема, предназначен для снижения расхода перед окончанием выдачи дозы, состоит из мембранного клапана и управляющего электромагнитного клапана.

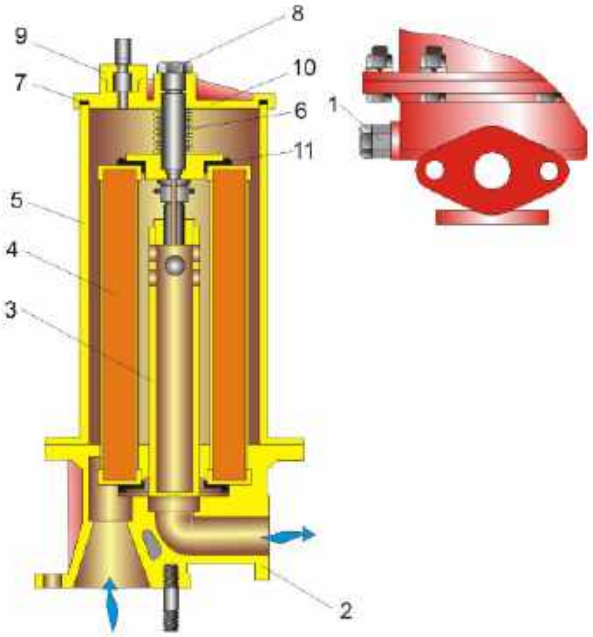


Рис. 5. Газоотделитель:
1 – пробка; 2 – корпус; 3 – труба; 4 – фильтрующий элемент; 5 – корпус;
6 – пружина; 7 – прокладка; 8 – винт; 9 – втулка; 10 – крышка; 11 – поплавок

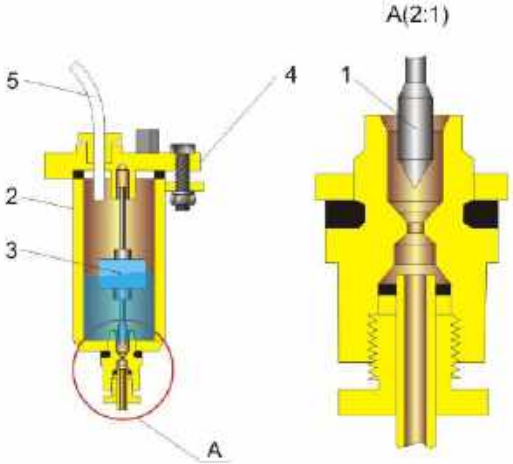


Рис. 6. Камера поплавковая:
1 – клапан игольчатый; 2 – корпус; 3 – поплавок; 4 – крышка; 5 – трубопровод

При пуске колонки электромагнитный клапан отключен и подаваемое топливо, поднимая мембрану *6*, поступает из нагнетательной магистрали в подмембранную полость (рис. 7). При этом клапан открыт полностью, что обеспечивает нормальный расход колонки.

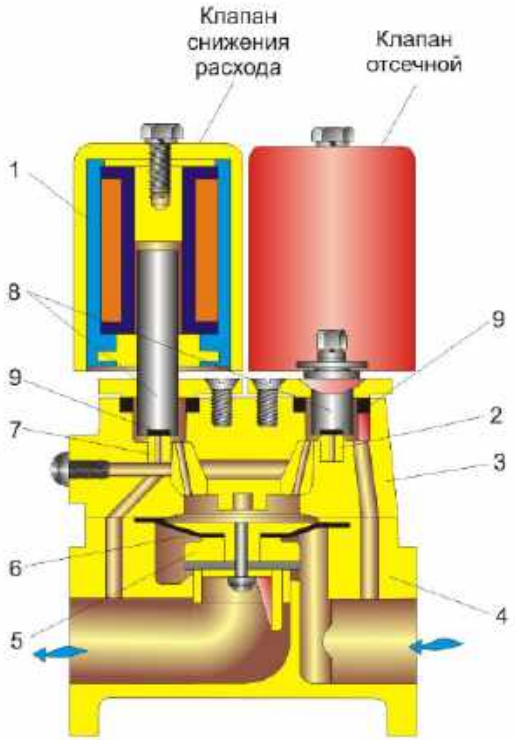


Рис. 7. Клапан:
1 – электромагниты; 2 – жиклер; 3 – крышка; 4 – корпус; 5 – основой клапан; 6 – мембрана; 7 – жиклер; 8 – якорь; 9 – резиновые уплотнения

Перед окончанием выдачи дозы, по переднему фронту последнего импульса датчика на электромагнитный клапан в течение 0,3 с подается напряжение 220 В. Клапан работает автоматически после снятия напряжения до окончания выдачи дозы (примерно в течение 3 с).

При включении клапана перекрывается отверстие, через которое топливо отводится из надмембранной полости. За счет увеличения давления в надмембранной полости мембрана прижимается к седлу клапана и перекрывает основное отверстие, при этом поток топлива поступает к измерителю объема через отверстие малого диаметра, что обеспечивает снижение расхода.

Измеритель объема жидкости ГТЖ4-25 предназначен для измерения топлива, проходящего через колонку, в единицах объема.

Он представляет собой четырехцилиндровый гидравлический двигатель, цилиндры которого отлиты в общем блоке (рис. 8).

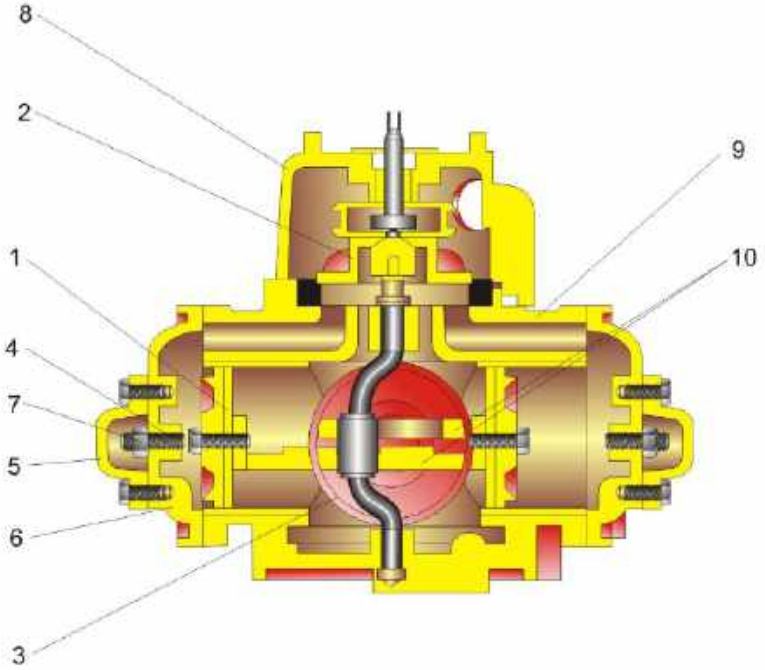


Рис. 8. Измеритель объема:
1 – поршень; 2 – золотник; 3 – вал коленчатый; 4 – винт юстировочный; 5, 6 – крышка; 7 – контргайка; 8 – корпус золотника; 9 – корпус; 10 – кулисы

В цилиндрах размещены кулисы *10* с поршнями *1*, уплотненными манжетами, которые прижимаются к цилиндрам, свернутыми в кольцо спиральными пружинами. Поток топлива с помощью

золотника *2* направляется поочередно в каждый из цилиндров, перемещая поршни из одного крайнего положения в другое. Поступательное движение кулис с поршнями преобразуется во вращательное движение коленчатого вала *3*.

За один оборот коленчатого вала *3* через измерительные цилиндры проходит объем жидкости, равный объему мерной камеры или рабочему объему четырех цилиндров.

Выдаваемый объем топлива за один полный оборот коленчатого вала равен 500 $см^3$. Вращательное движение коленчатого вала измерителя объема передается на отсчетное устройство или счетчик с датчиком.

Каждая пара поршней имеет возможность свободного хода за счет зазора между роликами коленчатого вала и пазом кулисы. Ход кулис с поршнями регулируется юстировочными винтами *4*, благодаря чему имеется возможность изменять объем выдаваемого топлива.

Индикатор (рис. 9) служит для контроля заполнения измерительной системы топливом. Появление пузырьков воздуха в индикаторе указывает на ненормальную работу газоотделителя или негерметичность всасывающей системы.

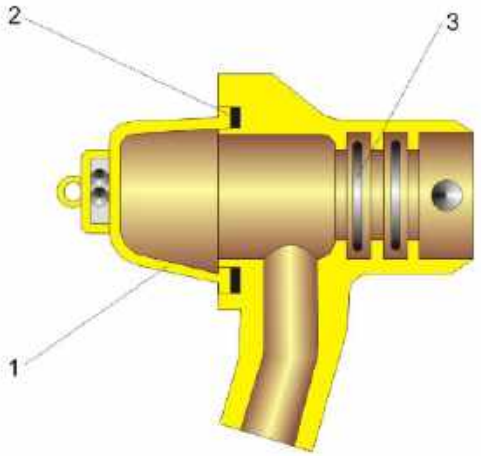


Рис. 9. Индикатор:
1 – стаканчик; 2 – прокладка; 3 – кольцо уплотнительное

Маслобензостойкий рукав длиной не менее 4,0 м одним своим концом присоединяется с помощью конуса и специальной накидной гайки к патрубку индикатора. На втором конце рукава аналогичным образом закрепляется раздаточный кран.

Внутренний слой рукава обладает электропроводимостью, в связи с этим раздаточный кран не требует дополнительного заземления. В случае замены раздаточного рукава на раздаточный рукав, не имеющий внутреннего антистатического слоя, необходимо заземлить край, соединив его с индикатором металлическим проводом.

Отсчетное устройство колонок НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН электронного типа предназначено для отображения информации о разовой выдаче топлива.

Отсчетное устройство колонки НАРА-27М1С содержит указатели разового отпуска и суммарного учета топлива.

Задание дозы топлива и подготовку цепи включения осуществляет оператор при помощи пульта дистанционного управления.

Заправку топливом автотранспорта через колонку осуществляет сам водитель, который должен заказать дозу, снять с кронштейна кран, вставить его сливную трубу в горловину бака, поставить рукоятку крана на защелку и нажать до упора и отпустить рычаг или кнопку включения колонки. Контроль за количеством выданного топлива осуществляется наблюдением за показаниями указателя разового учета.

После окончания выдачи дозы топлива и автоматического отключения колонки водитель, отпустив рукоятку, должен закрыть раздаточный кран и поставить его на место.

Контрольные вопросы

1. Назначение и общее устройство колонки НАРА-27М1.
2. Каков принцип работы колонки НАРА-27М1?
3. Каково устройство и принцип работы насоса колонки?
4. Каково назначение и устройство газоотделителя колонки?
5. Каков принцип работы измерителя объема НАРА-27М1?
6. Каково назначение и устройство газоотделителя колонки?

Занятие 6. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание балансировочного станка «Мастер»

Цель занятия: изучить устройство и получить практические навыки эксплуатации балансировочного станка «Мастер».

Оборудование и материалы: станок балансировочный «Мастер», модель СБМ-40, набор ключей, автомобильное колесо.

Задание. Изучите устройство, способы ввода данных и процесс балансировки колеса. Выполните балансировку колеса на станке «Мастер».

Назначение

Станок балансировочный «Мастер» модель СБМ-40 предназначен для балансировки автомобильных колёс с дисками диаметром от 12 до 16 дюймов (табл. 2). Балансировка колёс осуществляется одним измерением для обеих плоскостей коррекции с одновременным указанием мест установки корректирующих грузов и масс этих грузов.

Работа станка основана на вычислении массы корректирующих грузов по величине сил, воздействующих на вал вращающимся колесом, с последующим устранением дисбалансов колеса корректирующими грузами в двух плоскостях коррекции при динамической балансировке и в одной плоскости при статической балансировке.

Таблица 2

Технические характеристики станка

Параметр	Значение параметра
Масса балансируемых колёс, кг	10…40
Наибольший наружный диаметр балансируемых колёс, мм	800
Наименьшая единица коррекции, г	1
Максимальное расстояние, измеряемое электронной линейкой, мм, не менее	130
Минимальный достижимый остаточный дисбаланс, г·мм/кг	800
Погрешность электронной линейки, мм	3
Дискрет измерения измерителя диаметра	1 дюйм
Погрешность измерителя диаметра, дюйм	0.5
Продолжительность измерительного цикла, с, не более	12
Масса станка, кг, не более	60

Устройство станка

Станок представляет собой стационарную установку. Внешний вид станка показан на рисунке 10.

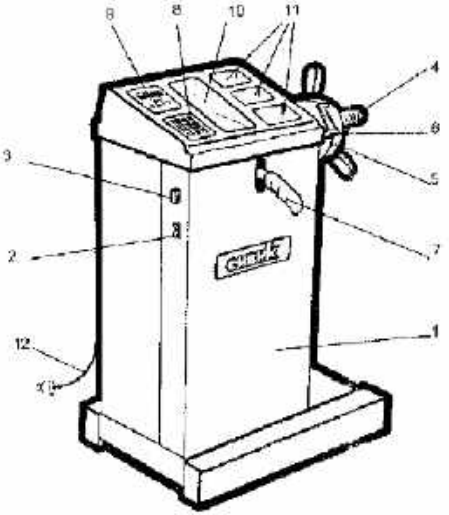


Рис. 10. Устройство станка:
1 – корпус; 2 – сетевой выключатель; 3 – кнопка запуска электродвигателя;
4 – приводной вал; 5 – прижимная гайка; 6 – электронная линейка;
7 – рычаг для раскрутки и торможения приводного вала;
8 – панель управления; 9 – панель индикации;
10 – ячейка для хранения инструмента;
11 – емкости для хранения грузов и пружин; 12 – шнур сетевой

Станок состоит из корпуса *1*, на боковой поверхности которого размещены сетевой выключатель *2* и кнопка запуска электродвигателя *3* (рис. 10). Балансируемое колесо закрепляется на приводном валу *4* с помощью прижимной гайки *5* с центрирующим конусом или диском. Изменение диаметра и расстояний до плоскостей коррекции производится встроенной электронной линейкой *6*.

Для раскрутки колеса необходимо поднять рычаг *7* вверх до упора с усилием не более 10 кг и нажать кнопку пуска электродвигателя *3*. Остановка вращения колеса после окончания измерительного цикла производится тормозным устройством, управление которым осуществляется перемещением рычага *7* до упора вниз.

Ввод данных в станок осуществляется с помощью клавиатуры, расположенной на панели управления (рис. 11).

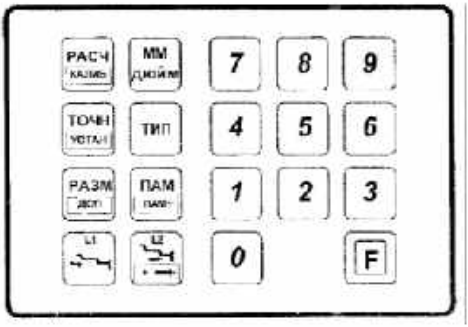


Рис. 11. Панель управления

Информация о вводимых данных в станок, положении и массах корректирующих грузов отражается на панели индикации (рис. 12) и контролируется визуально.

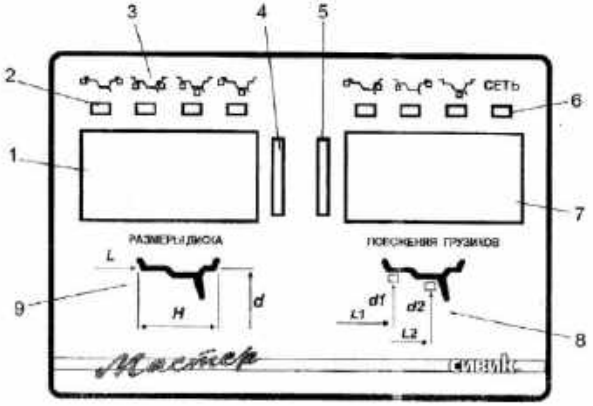


Рис. 12. Панель индикации:
1 – информационный индикатор массы корректирующего груза в левой плоскости коррекции; 2 – индикаторы типа колеса; 3 – схема размещения грузов на ободе; 4 – индикатор положения корректирующего груза в левой плоскости коррекции; 5 – индикатор положения корректирующего груза в правой плоскости коррекции; 6 – индикатор включения станка; 7 – информационный индикатор массы корректирующего груза в правой плоскости коррекции; 8 – схема обозначений положения грузов; 9 – схема обозначений размеров колеса

Работа станка

Колесо балансировать в следующем порядке:

а) включить сетевой выключатель;

б) подготовить и установить колесо;

в) ввести параметры колеса;

г) выполнить измерение;

д) установить грузы, если необходимо;

е) повторять п.п. г) и д) при необходимости.

Установка колеса. Перед балансировкой колесо должно быть очищено от грязи и других посторонних предметов. Опорная площадка и центральное отверстие диска колеса должны быть также очищены и протёрты. Ранее установленные грузы необходимо удалить. Установить балансируемое колесо на приводной вал станка. Комплект запасных инструментов и принадлежностей (ЗИП) обеспечивает два варианта установки колеса:

а) установка колеса с центровкой на центральное отверстие диска, имеющего диаметр от 47 мм до 170 мм;

б) установка колеса на фланец с центровкой на отверстиях крепления диска на ступице.

Установка колеса на фланец позволяет более точно сохранить достигнутую сбалансированность при установке колеса на ступицу автомобиля. Установку колеса с центровкой на центральном отверстии диска производить в соответствии с рисунками 13, 14 (диаметр центрального отверстия от 47 до 110 мм, при этом диск колеса должен быть прижат к упору *4* гайкой *3*) или согласно рисунку 15 (диаметр центрального отверстия от 97 до 170 мм, при этом кольцо *6* должно быть посажено на фланец упора *4* и совместно с диском прижато к упору *4* гайкой *3*).

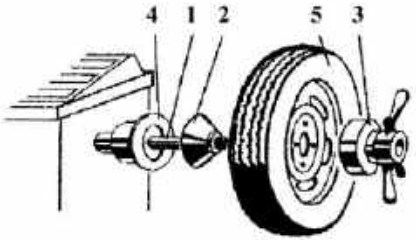


Рис. 13. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (конус внутри):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 – упор; 5 – балансируемое колесо

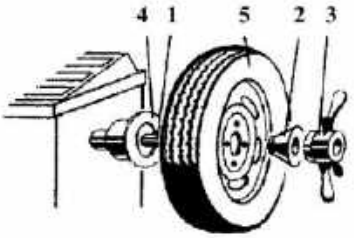


Рис. 14. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (конус снаружи):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 – упор; 5 – балансируемое колесо

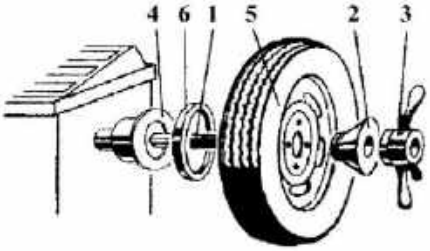


Рис. 15. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (диаметр центрального отверстия от 97 до 170 мм):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 –упор; 5 – балансируемое колесо; 6 – кольцо

Установка колеса на фланец с центровкой на отверстиях крепления диска на ступице (рис. 16):

а) установить на вал станка *1* конус *2* с диаметром 47…70 мм;

б) закрепить фланец *3* на колесе *4* болтами *5*;

в) установить колесо с фланцем на вал станка и закрепить его с помощью гайки *6*, прижав к упору *7*.

Ввод параметров балансируемого колеса. Проверить и ввести параметры балансируемого колеса можно одним из следующих способов:

а) вводом типа и размеров колеса;

б) вводом параметров плоскостей коррекции;

в) запросом параметров из базы данных (БД) станка.

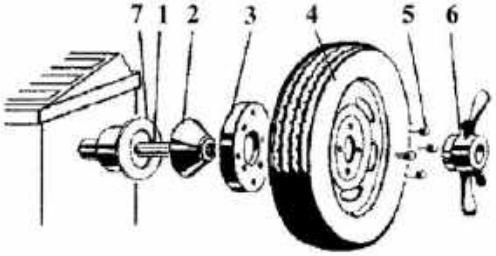


Рис. 16. Установка колеса на фланец с центровкой
на отверстиях крепления диска на ступице:
1 – вал в сборе; 2 – конус Ø 47…70; 3 – фланец; 4 – балансируемое колесо;
5 – болт; 6 – прижимная гайка с кольцом; 7 – упор

Выбор способа ввода параметров балансируемого колеса носит непринципиальный характер и определяется только конструкцией диска и удобством для пользователя.

Если требуемые параметры колеса уже были установлены (например, автоматически при включении или при балансировке предыдущего колеса), то их ввод не требуется.

Допускается установка параметров колеса после прокручивания колеса. В этом случае после изменения параметров следует выполнить перерасчет, нажав клавишу РАСЧ, после чего на информационные индикаторы будут выведены массы корректирующих грузов.

Способ 1. Ввод типа и размеров колеса

Колёса разделяются по типам в соответствии со схемой размещения грузов на ободе. Выбор типа колеса осуществляется нажатием на клавишу ТИП, пока не загорится индикатор требуемого типа.

Порядок ввода размеров и типа колеса может быть любым.

Необходимо вводить ширину и диаметр диска, а также расстояние до него (рис. 17). Ширину диска можно ввести только вручную, а диаметр и расстояние – с помощью электронной линейки или вручную.

Для ввода диаметра и расстояния следует выдвинуть электронную линейку из крайнего левого положения до касания наконечником обода колеса и задержаться в этой позиции до звукового

сигнала, по которому происходит фиксация размеров. При этом на левом информационном индикаторе показывается расстояние (мм), а на правом – диаметр (мм или дюйм). После звукового сигнала линейку следует плавно вернуть в исходное положение.

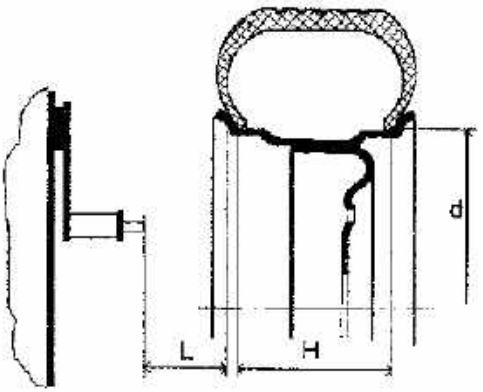


Рис. 17. Схема замеров параметра колеса при вводе типа и размеров колеса:
d – диаметр обода, *H* – ширина обода, *L* – расстояние до обода колеса

Для просмотра и ручного ввода размеров предназначена клавиша РАЗМ. После каждого ее нажатия на левом информационном индикаторе будет появляться обозначение очередного параметра (*H, d, L*), а на правом – числовое значение этого параметра. Изменить значение можно, набирая нужное число на клавиатуре. Для размеров диска используется следующие обозначения: *d* – диаметр обода, *H* – ширина обода, *L* – расстояние до обода колеса

Диаметр и ширина могут быть выражены как в миллиметрах, так и в дюймах. Если в числе нет десятичной запятой, то размер указан в мм. Если в числе младшая цифра отделена десятичной запятой (или точкой), то размер указан в дюймах. Например, 330 – размер в мм, 13,0 – размер в дюймах. Размерность можно переключать, нажимая клавишу ММ/ДЮЙМ. Расстояние до обода указывается только в мм.

Примечание: если числовые значения диаметра и ширины выражены в дюймах, то при наборе числа на клавиатуре необходимо

набирать: для диаметра – три цифры, для ширины – две цифры, включая незначащие нули.

Например, для ввода ширины обода 5 дюймов:

а) нажимать клавишу РАЗМ до появления *Н* на левом информационном индикаторе;

б) переключить размерность в дюймовую клавишей ММ/ДЮЙМ (если необходимо);

в) набрать на цифровой клавиатуре новое значение, нажав клавиши: 5,0, при этом на правом информационном индикаторе появится строка 5.0.

Если в процессе ввода была допущена ошибка, то значение вводимого параметра можно изменить повторным набором на цифровой клавиатуре. Необходимо контролировать ввод параметров визуально по индикации.

Ширина обода колеса обычно выбита на диске и кратна 0,5 дюйма, диаметр обода колеса берется из маркировки шины и кратен 1,0 дюйму.

Ширину обода можно измерить с помощью кронциркуля.

Способ 2. Ввод параметров плоскостей коррекции

Параметры плоскостей коррекции можно вводить с помощью электронной линейки или вручную.

При этом способе вводятся параметры (диаметры и расстояния) не диска, а мест установки грузов (плоскостей коррекции), (рис. 18). ТИП колеса устанавливать не нужно.

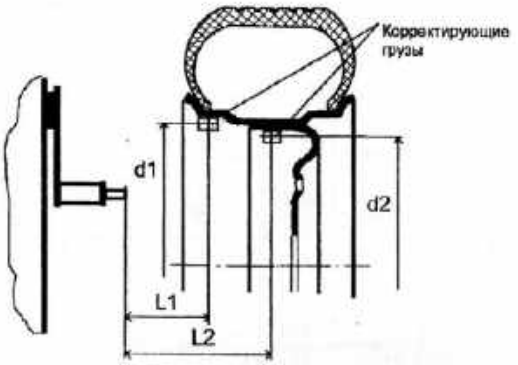


Рис. 18. Схема замеров параметров колеса при вводе параметров плоскостей коррекции

Ввод с помощью электронной линейки – наиболее точный и предпочтительный способ для литых (ALU) дисков. Следует:

а) измерить электронной линейкой расстояние и диаметр первой (левой) плоскости (*L1 и d1*). Для этого следует переместить наконечник линейки до середины предполагаемого места положения груза и дождаться фиксации размера (звукового сигнала);

б) нажать клавишу *L1*;

в) измерить электронной линейкой расстояние и диаметр второй (правой) плоскости (*L2* и *d2*). Для этого следует переместить наконечник линейки до середины предполагаемого места положения груза и дождаться фиксации размера (звукового сигнала);

г) нажать клавишу *L2*.

Если линейка не достает до второй плоскости, следует надеть на наконечник удлинитель (длина удлинителя 100 мм) и выполнить измерение расстояния до второй плоскости. При использовании удлинителя после измерения следует нажать клавишу F-L2. После измерений параметров плоскостей коррекции электронной линейкой изменяется режим работы клавиши РАЗМ. С ее помощью можно просматривать и вводить параметры плоскостей коррекции (*L1, d1, L2, d2*). После измерения электронной линейкой расстояния до обода режим клавиши РАЗМ восстанавливается (*H, d, L*).

Способ 3. Ручной ввод параметров плоскостей коррекции

Для просмотра или ручного ввода параметров плоскостей коррекции (*L1, d1, L2, d2*) следует нажимать клавишу F-ДОП. После каждого ее нажатия на левом индикаторе будет появляться обозначение очередного параметра, а на правом – числовое значение этого параметра. Изменить значение можно, набирая нужное число на клавиатуре.

Способ 4. Ввод параметров балансируемого колеса из БД станка

Для того, чтобы ввести параметры балансируемого колеса из БД, необходимо нажать клавишу ПАМ, при этом на левом информационном индикаторе должна появиться буква «Е», и ввести при помощи клавиатуры выбранный номер записи – он должен индицироваться на правом информационном индикаторе. После этого, нажимая на клавиши РАЗМ, можно просмотреть размеры.

Запись параметров обода в БД. Установленные тем или иным способом параметры обода можно записать в БД. Для этого нужно нажать клавишу $_{F}$-ПАМ+, при этом на левом информационном индикаторе должна появиться буква «С», и ввести номер записи – он должен индицироваться на правом информационном индикаторе.

Измерение. Для проведения измерений требуется раскрутить колесо, для этого:

а) поднимите рычаг раскрутки приводного вала вверх до упора с усилием не более 10 кг;

б) нажмите кнопку пуска электродвигателя;

в) ждите достижения достаточной скорости вращения (звукового сигнала) и начала измерений (гашения информационных индикаторов);

г) опустите кнопку и рычаг;

д) ждите окончания измерения (появления на индикаторах информации);

е) остановите колесо, опустив рычаг торможения приводного вала до упора вниз.

Измерение длится около 12 сек. По его окончании на информационных индикаторах выводится масса корректирующих грузов для каждой плоскости коррекции, а индикаторы положения места установки грузов начинают отслеживать вращение точек установки грузов.

Установка грузов. После остановки колеса следует проворачивать колесо рукой в любом направлении до одновременного свечения четырёх светодиодов, например, на левом индикаторе положения места установки груза, и установить в верхней точке обода колеса в левой плоскости коррекции корректирующий груз массой, указанной на левом информационном индикаторе.

Аналогичные операции выполнить для правой плоскости коррекции, используя информацию, выводимую на правый индикатор положения места установки груза и информационный индикатор.

Если требуемый вес груза превышает 100 г, то не следует стремиться сразу устанавливать несколько грузов для точного соответствия. При количестве грузов больше 2 невозможно закрепить их точно в нужной позиции, и, как следствие, остаточный

дисбаланс будет большим и потребуется дополнительное измерение. Для экономии грузов лучше установить 1 груз с небольшим «недогрузом» или «перегрузом». Тогда, получив небольшой дисбаланс, после следующего измерения можно установить груз с достаточно точным весом.

Для проверки точности балансировки, следует провести ещё одно измерение и, при необходимости, добалансировать колесо, изменяя массы грузов или их положение или добавляя другие грузы.

Округление веса грузов. Вес грузов может выводиться как с округлением до 5 г, так и без округления. Если выведен точный вес, то число имеет десятичную запятую. Если вес округлён, то запятой нет. Переключение режима вывода веса выполняет клавиша ТОЧН.

В режиме округления вес меньше 5 г округляется до 0 г. Можно установить другой предел «обнуления». Для этого следует нажать клавишу $_{F}$-УСТАН и ввести новое значение.

Заводские инструкции по эксплуатации разрешают иметь дисбаланс в пределах массы стандартных грузов: на 13-дюймовом ободе – 10…15 г, на 14-дюймовом и более – 5...10 г на каждую сторону колеса. При этом предпочтительнее недовесить грузов, нежели перетяжелить колесо. Предельно допустимая общая масса всех грузов – 100 г на каждой стороне колеса.

Контрольные вопросы

1. Назначение станка «Мастер».
2. В какой последовательности производится балансировка колеса?
3. Какими способами осуществляется ввод параметров о балансируемом колесе?
4. Порядок ввода параметров типа и размеров колеса.
5. В какой последовательности осуществляется измерение?
6. Как осуществляется установка грузов на колесо?

Занятие 7. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание анализатора герметичности цилиндров АГЦ-2

Цель занятия: изучить прибор АГЦ-2 и освоить практические приемы диагностирования цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя.

Оборудование и материалы: прибор АГЦ-2, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучить прибор АГЦ-2. Произвести замеры полного и остаточного вакуума по цилиндрам, полученные значения внести в карту диагностирования ЦПГ (табл. 3). Сравнить полученные данные со значениями данных таблиц 4 и 5. По результатам диагностирования сделать вывод о техническом состоянии ЦПГ двигателя.

Назначение

Анализатор герметичности цилиндров предназначен для оценки технического состояния деталей ЦПГ (компрессионных колец, гильз цилиндров, клапанов газораспределительного механизма) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при техническом обслуживании и ремонте двигателей автотранспортной, самоходной сельскохозяйственной, дорожно-строительной и другой техники и стационарного оборудования, оснащённого ДВС.

Область применения:

- при предпродажной оценке двигателя или автомобиля;
- при возникновении рекламационных ситуаций;
- направления, связанные с поиском неисправностей в двигателе;
- при оценке качества ремонта и оценке технического состояния;
- оценка объема плановых технических обслуживаний (ТО);
- при покупке поддержанных автомобилей;
- оценка эффективности применения технологии безразборного восстановления ДВС.

Устройство прибора и принцип работы

В свечное или форсуночное отверстие двигателя устанавливается переходное устройство, к которому подсоединяется анализатор. Производится прокручивание коленчатого вала пусковым устройством. На такте сжатия выдавливаемый из цилиндра поршнем воздух через редукционный комбинированный клапан (рис. 19) выходит в атмосферу.

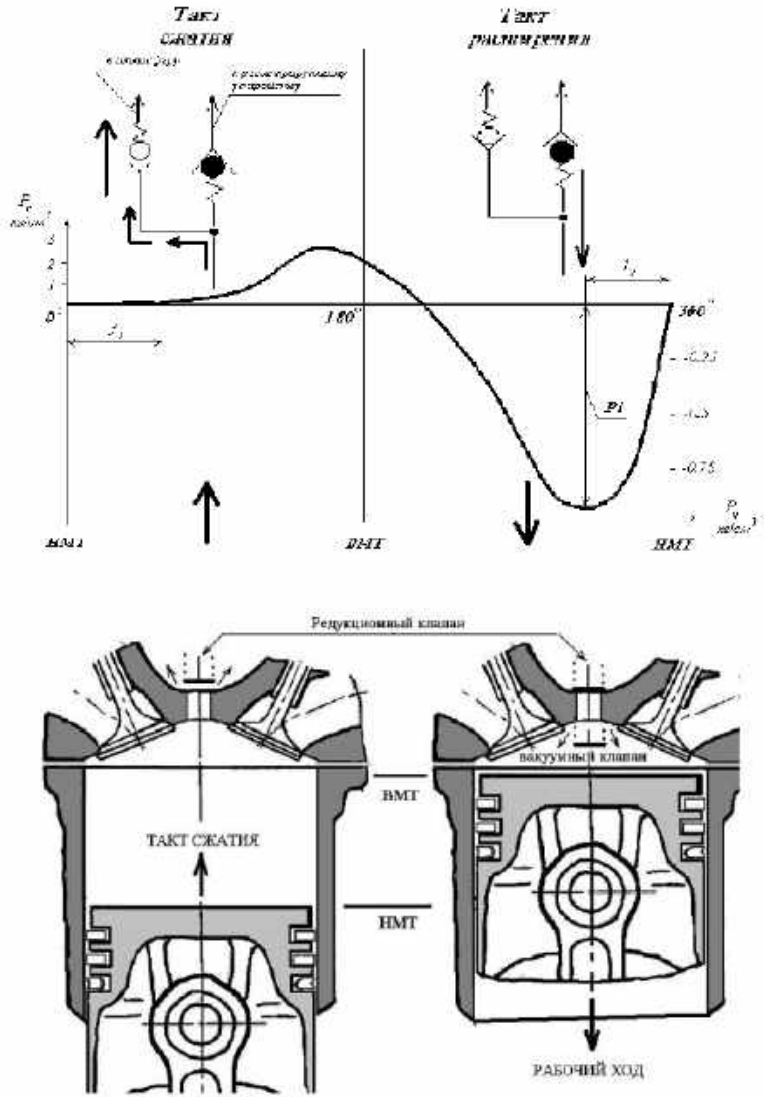


Рис. 19. Принцип измерения величины P_i

При этом в конце такта сжатия избыточное давление в камере сгорания не превышает 2 кг/см^2. На такте расширения открывается вакуумный клапан от воздействия разряжения в цилиндре. В момент открытия выпускного клапана двигателя вакуумный клапан

закрывается, и вакуумметр фиксирует величину максимального разряжения в цилиндре.

Второе значение разряжения получают при изоляции надпоршневого пространства от атмосферы на такте сжатия. Для этого заменяют комбинированный клапан на вакуумный (рис. 22). Второе измерение в совокупности с первым позволяет сделать более полный анализ состояния цилиндропоршневой группы.

Величину максимального разряжения в цилиндре, которое способна создать ЦПГ, называют полным вакуумом P_1.

Благодаря эффекту масляного клина величина полного вакуума при удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов не бывает ниже определенного значения P_{1min} для каждого типа двигателя и практически не зависит от состояния поршневых колец. Поэтому в зависимости от величины полного вакуума P_1 можно сделать вывод о состоянии гильзы цилиндра (эллиптичность, наличие задиров) и сопряжения «клапан-седло» газораспределительного механизма (ГРМ).

Производную от величины потерь давления рабочего тела через кольца в цилиндре ДВС в зоне избыточного давления в цилиндре (рис. 20, заштрихованная область) называют остаточным вакуумом P_2. При удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов величина остаточного вакуума характеризует состояние поршневых колец – степень износа, залегание (коксование), поломку перемычек на поршне, поломку колец. Пневмоплотность клапанов, а также наличие трещин в днище поршня и головке блока в большей мере влияют на значение величины P_1.

Основные неисправности, влияющие на герметичность камеры сгорания:

– износ гильзы цилиндра: по диаметру – овальность, по высоте – конусность, бочкообразность, по микрогеометрии рабочей поверхности – задиры, натиры, трещины;

– износ поршня – прогары, оплавления днища поршня, износ, разрушение межкольцевых перемычек;

– поршневые кольца – радиальный износ, износ по высоте, снижение упругости, нарушение подвижности поршневых колец, трещины, поломка компрессионных колец;

– клапаны ГРМ – нарушение герметичности сопряжения «клапан-седло», нарушение тепловых зазоров в клапанном механизме.

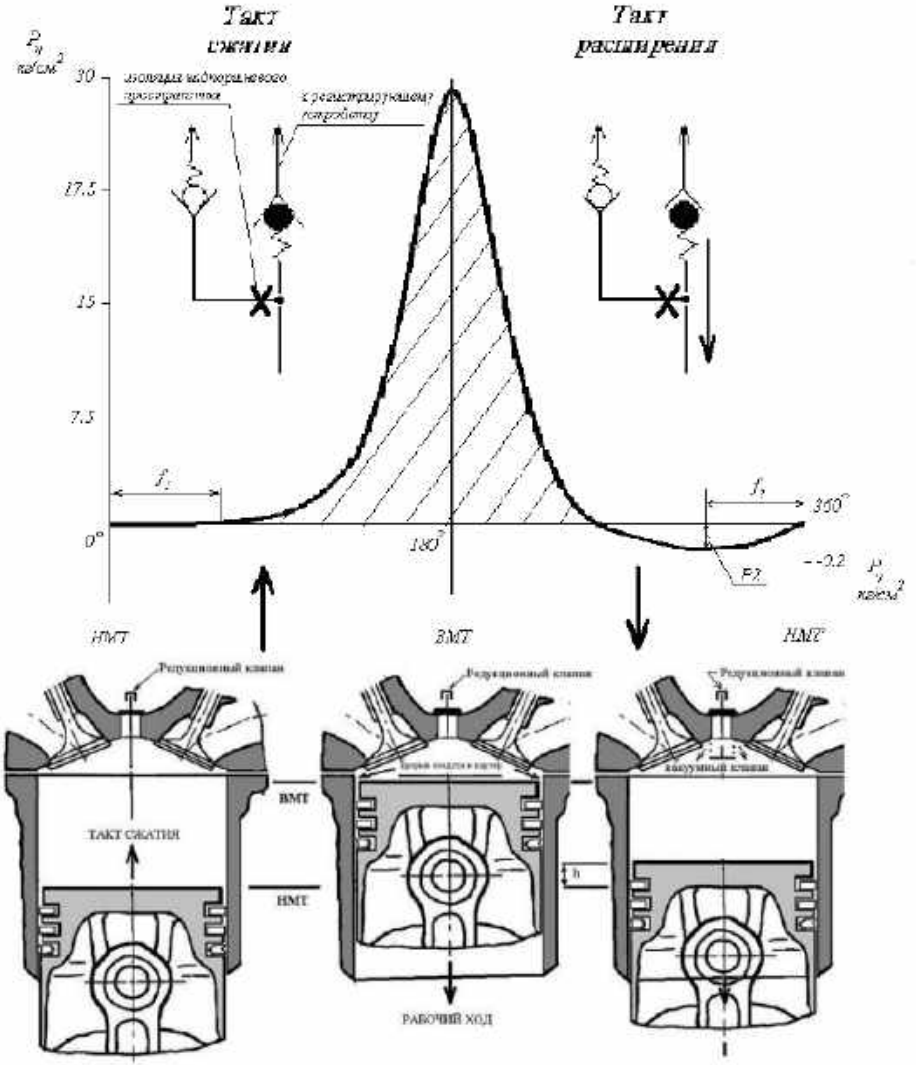


Рис. 20. Принцип измерения величины P_2

Порядок проведения измерений

1) Снять крышку головки цилиндров, проверить тепловые зазоры между торцом стержня клапана газораспределения и толкателем, а также визуально оценить состояние клапанных пружин.

2) Прогреть двигатель до рабочего состояния, оцениваемого по температуре охлаждающей жидкости (80…95°С).

3) С помощью свечного ключа произвести демонтаж свечей зажигания. При этом отметить степень и характер нагарообразования юбок свечей и сделать предварительное заключение о возможном влиянии их на цилиндропоршневую группу. Очистить свечные отверстия от частиц нагара с помощью обтирочной ветоши.

В классических контактных системах зажигания во избежание повреждения катушки зажигания во время прокручивания двигателя стартером необходимо высоковольтный провод катушки замкнуть на «массу», либо отсоединить провода низкого напряжения от катушки зажигания. В системах с индивидуальным распределением высоковольтной энергии необходимо отключить катушки зажигания от бортовой сети.

4) Для удаления частиц нагара, попавших в надпоршневое пространство, произвести кратковременное (2-3 с) прокручивание двигателя стартером.

5) Подготовить анализатор АГЦ-2 для измерения разряжения с выпуском воздуха на такте сжатия в атмосферу – (P_1).

Для этого:

– установить в корпус АГЦ-2 редукционный комбинированный клапан (рис. 21);

– вставить и закрепить в свечном отверстии переходное устройство (ПУ);

– соединить АГЦ-2 с ПУ непосредственно или через гибкий шток;

– прокрутить коленчатый вал стартером или пусковым устройством (3-5 оборотов);

– зафиксировать визуально и записать величину P_1.

В процессе измерения педаль акселератора должна быть полностью нажата.

Произвести аналогичные измерения в остальных цилиндрах, сбрасывая показания по предыдущим измерениям посредством клапана сброса.

6) Подготовить АГЦ-2 для измерения разряжения в цилиндрах с изоляцией надпоршневых пространств от атмосферы на тактах сжатия – (P_2).

Для этого:

– извлечь из корпуса АГЦ-2 клапанный узел с пружиной и заменить его на вакуумный (рис. 22), собрать прибор в обратной последовательности;

– подсоединить анализатор к свечному отверстию проверяемого цилиндра через ПУ непосредственно или через гибкий шток;

– с помощью пускового устройства или стартера прокрутить двигатель, нажимая при этом на клапан сброса в начальный период прокручивания коленчатого вала (1-2 оборота). Зафиксировать визуально значение разряжения;

Значение разряжения P_2 фиксируется только в динамическом режиме (при прокручивании коленчатого вала).

– повторить операции для остальных цилиндров.



Рис. 21. Комбинированный редукционный клапан



Рис. 22. Вакуумный клапан

7) Сравнить измеренные значения и определить возможные неисправности.

КАРТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦПГ

Марка автомобиля_____
Год выпуска_____
Пробег_____

Таблица 3

Результаты измерений

Показатели работы двигателя	Значения по цилиндрам					
	1	2	3	4	5	6
Полный вакуум, P_1						
Остаточный вакуум, P_2						

Таблица 4

Параметры состояния цилиндропоршневой группы

Тип двигателя	Номинальные (предельные значения)	
	P_1, кгс/см^2	P_2, кгс/см^2
Для дизеля	0,89…0,94 (0,78)	0,14…0,17 (0,26)
Для карбюраторного двигателя	0,82…0,86 (0,75)	0,16…0,18 (0,32)

Таблица 5

Параметры состояния цилиндропоршневой группы по полному вакууму

	Значение полного вакуума (P_1, кгс/см^2) свидетельствующее о предельном износе гильзы цилиндр	Значение полного вакуума (P_1, кгс/см^2), свидетельствующие о нарушении герметичности сопряжения «клапан-гнездо», ослаблении посадки вставки гнезда, наличии трещины в днище клапана, поршня или перемычки
Для дизеля	0,70…0,78	менее 0,70
Для карбюраторного двигателя	0,64…0,75	менее 0,64

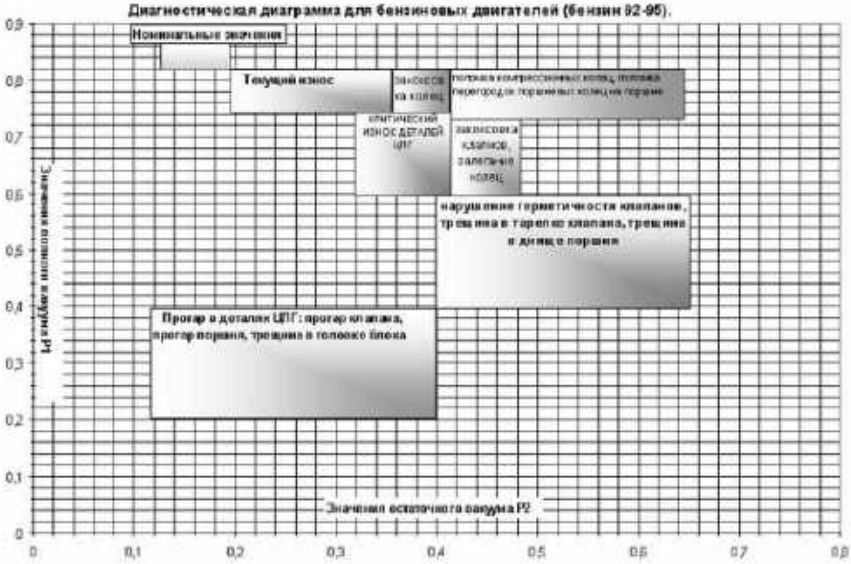


Рис. 23. Диагностическая диаграмма для бензиновых двигателей

Контрольные вопросы

1. Назначение прибора АГЦ-2.
2. Что характеризует полный вакуум?
3. Что характеризует остаточный вакуум?
4. Принцип работы прибора АГЦ-2.
5. Порядок проведения замера полного вакуума прибором АГЦ-2.
6. Порядок проведения замера остаточного вакуума прибором АГЦ-2.

Занятие 8. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание подъемника двухстоечного П-97МК

Цель занятия: изучить устройство, принцип работы подъемника П-97МК, освоить правила его эксплуатации и технического обслуживания.

Оборудование и материалы: подъемник П-97МК, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучите назначение и устройство подъемника. Выполните подъем и опускание автомобиля. Проведите ежедневное техническое обслуживание подъемника П-97МК.

Назначение

Стационарный электромеханический двухстоечный подъемник модели П-97МК (далее подъемник) предназначен для подъема легковых автомобилей собственной массой до 3200 кг при выполнении их технического обслуживания и ремонта. Основные технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Грузоподъемность, кг, не более	3200
Тип электродвигателя	АИР 80В4У3
Мощность электродвигателя, кВт, не более	1,5
Высота подъема, мм, не менее	1900
Просвет между стойками, мм, не менее	2700
Время подъема, с, не более	68
Масса подъемника, кг, не более	610

Устройство подъёмника

Подъемник представляет собой напольный подъемный механизм, состоящий из 2-х стоек, установленных на плитах короба. По всей высоте стоек передвигаются каретки с подхватами, подводимыми под технологические точки на днище автомобиля. Передвижение каретки по стойке осуществляется электромеханическим приводом стойки. Для обеспечения синхронного перемещения кареток нижние концы винтов приводов соединены бесконечной цепью.

Стойка представляет собой конструкцию, состоящую из сварного каркаса-стойки *1*, косынки *10* (рис. 24). Стенки стойки являются направляющими поверхностями для перемещения катков *3*, расположенных на каретке *2*.

Каретка *2* представляет собой сварную конструкцию, к нижней части которой на осях крепятся подхваты. Внутри стойки находится винт *13* с трапецеидальной резьбой.

Вращательное движение от электродвигателя *14* через клиноременную передачу передается винту *13* и преобразуется в поступательное вертикальное перемещение грузовой гайки *4*. Грузовая гайка, упираясь в траверсу *6*, перемещает каретку *2*.

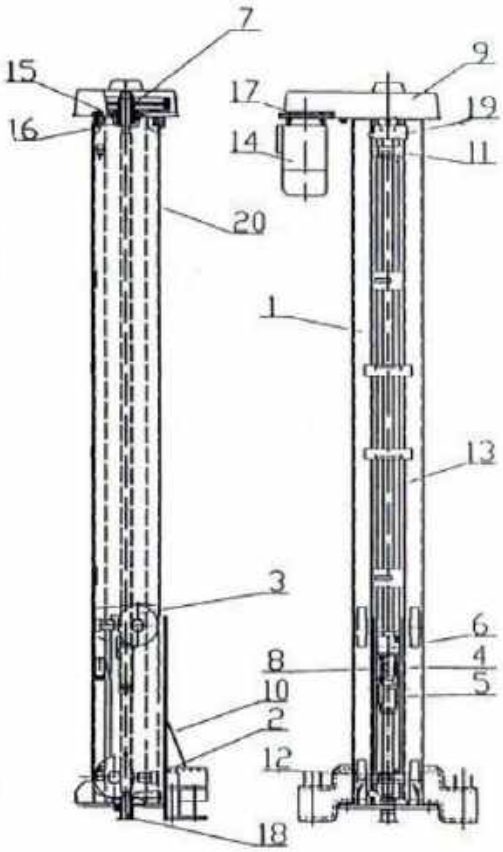


Рис. 24. Стойка подъемника

Натяжение ремней (ремень 1-8,5×8-1250 ГОСТ 5813-93) производится перемещением кронштейна *17* с электродвигателем относительно верхней плиты *15*. Плита верхняя приворачивается к стойке *1* и служит опорой для корпуса *16* подшипникового узла верхней части винта и шкива *7*.

Кожух *9* закрывает ременную передачу от внешних воздействий. Гайка страхующая *5* предназначена для механической страховки в случае износа или обрыва резьбы грузовой гайки *4*. Установлена страхующая гайка под грузовой с зазором *L*, дает возможность разового опускания каретки в нижнее положение.

С внутренней и наружной стороны стойки установлены защитные ограждения *19*, *20*, предохраняющие винтовую передачу от внешних воздействий и защищающие обслуживающий персонал от вращающихся деталей подъемника.

При износе грузовой гайки она опускается на страхующую гайку. Рычаг флажка, установленного на страхующей гайке поднимается, при достижении нижнего положения каретки он нажимает на планку аварийного выключателя *8*, цепь размыкается и таким образом блокируется включение подъемника. В этом случае необходимо заменить грузовую гайку на новую, и только после этого возможна дальнейшая эксплуатация подъемника.

Выключатель верхнего положения каретки *11* и выключатель нижнего положения каретки *12* срабатывают при достижении кареткой соответственно верхнего и нижнего положения, и привод отключается.

На нижнем конце винта установлена звёздочка *18*. На звёздочку надета цепь, которая обеспечивает синхронное вращение винтов стоек подъемника. Натяжение цепи регулируют, раздвигая стойки на основании подъемника.

Задняя часть стойки закрывается ограждением *21*. Отверстия ограждения надеваются на головки заклепок на платиках вверху и внизу стойки. Натяжение ограждения производится поворотом гайки. Аналогично производится натяжение и переднего ограждения.

Основание представляет собой жесткую сварную конструкцию, на которой устанавливают стойки. Основание крепится к бетонному полу фундаментными болтами. Внутри основания размещаются цепь и электрические провода.

Подхваты. Для удобства установки под днищем автомобиля подхват имеет телескопическую конструкцию и состоит из балки поворотной и балки выдвижной. Балка поворотная крепится к каретке на оси, обеспечивающей поворот подхвата. Внутри поворотной балки находится выдвижная балка, которая при выдвижении изменяет общую длину подхвата. Для ограничения хода выдвижной балки на боковой поверхности подхвата предусмотрен резьбовой упор. Этот упор настраивается таким образом, чтобы выдвижная балка свободно перемещалась в продольном направлении, но при достижении максимально допустимого вылета упор не

дает выдвижной балке выдвигаться дальше и выпасть из подхвата. Стопорение положения подхвата производится гайкой.

На конце выдвижной балки установлена винтовая опора, которая непосредственно упирается в днище автомобиля. Винтовая опора имеет возможность регулирования по высоте над уровнем выдвижной балки.

Устройство стопорное обеспечивает фиксацию любого из положений подхвата относительно оси каретки. Небольшой люфт в положении зубчатого сектора обеспечивает бесступенчатую регулировку углового положения опоры подхвата относительно оси поворота. При опускании каретки в нижнее положение происходит автоматическая расфиксация подхватов.

Принцип работы

Подъем автомобиля

1) Заехать на обслуживаемом автомобиле между стойками подъемника посередине (рис. 25).

2) Включить вводный автоматический выключатель на пульте управления.

3) Нажать кнопку ВВЕРХ, произвести подъем на высоту 100...200 мм (расстояние от колес автомобиля до пола), убедиться в правильном и устойчивом положении автомобиля на подхватах, после чего продолжать подъем на нужную высоту.

4) Отключить подъемник от сети вводным автоматическим выключателем (лампочки должны погаснуть). После чего можно приступить к обслуживанию поднятого автомобиля.

Опускание автомобиля

1) Включить подъемник в сеть.

2) Опускание подъемника производится нажатием кнопки ВНИЗ до срабатывания нижнего конечного выключателя.

3) На пульте управления выключить автоматический выключатель. При этом лампочки должны погаснуть.

4) Вывести подхваты из-под автомобиля.

5) В случае выключения электроэнергии при нахождении автомобиля в поднятом положении разрешается опустить автомобиль вручную, для чего:

а) выключить автоматический выключатель (обесточить подъёмник от внезапной подачи электроэнергии);

б) снять кожухи с клиноременных передач (наверху стоек);

в) вращая большие шкивы синхронно против часовой стрелки, опустить автомобиль;

г) поставить кожухи на место.

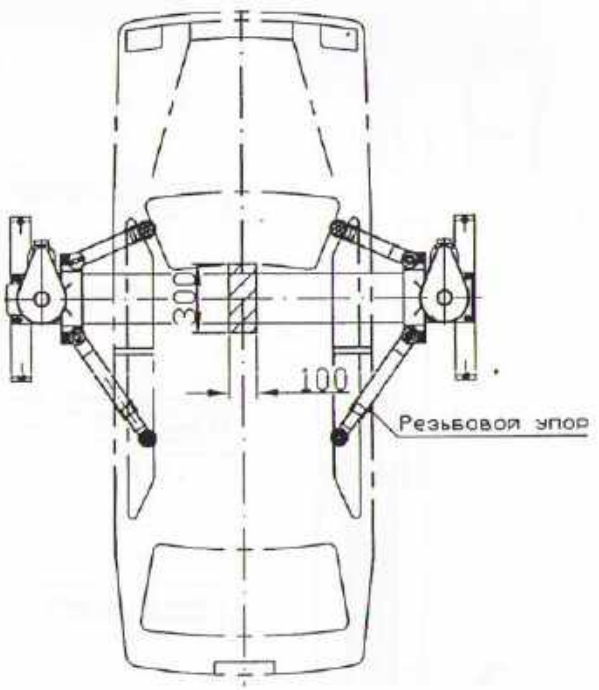


Рис. 25. Схема расположения центра тяжести автомобиля

Техническое обслуживание

Своевременное техническое обслуживание позволяет продлить срок эксплуатации подъёмника.

1) Еженедельно проверять наличие смазки на направляющих поверхностях стоек, в манжете и поверхностях грузовых винтов по всей длине. При необходимости, но не реже 1 раза в месяц, смазывать указанные выше поверхности смазками.

2) Раз в год производить смазку подшипников верхней опоры винта через масленку, установленную в корпусе подшипников, а также цепь и звездочку.

3) Раз в месяц производить проверку и подтяжку резьбовых соединений.

4) Ежедневно проверять четкую и правильную работу конечных и аварийных выключателей на обеих стойках.

5) Раз в месяц производить проверку натяжения ремней ременной передачи. Натяжение регулируется перемещением кронштейна с электродвигателем относительно верхней плиты стойки. Натяжение ремней контролировать величиной прогиба: при усилии на ветвь равном 40 Н прогиб должен быть в пределах 11…18 мм.

6) Постоянно проверять исправное состояние электропроводящих кабелей.

7) Раз в шесть месяцев проводить подтяжку винтов крепления электрооборудования пульта и электропроводов разводки.

8) До начала эксплуатации нового подъемника и в дальнейшем через каждые двенадцать месяцев проводить полное техническое переосвидетельствование.

9) При нормальной работе подъемника не должен наблюдаться повышенный шум механизма подъема, повышенный нагрев винтовой пары.

10) В случае смены ремней, ремни менять комплектно из одной поставки (одной длины).

11) Ежедневно проверять зазор между грузовой и страхующей гайками с точностью до 0,1 мм.

При уменьшении зазора на 1,0 мм необходимо произвести замену грузовой гайки.

Для визуального контроля износа грузовой гайки на ней установлен флажок. Уменьшение зазора между нижней кромкой флажка и скобой на страхующей гайке до нуля свидетельствует о значительном износе грузовой гайки и требует немедленной ее замены.

12) Раз в год удалить старую смазку с трущихся поверхностей, промыть уайт-спиритом и нанести свежую смазку. При эксплуатации подъемника в пыльных помещениях промывку и обновление смазки производить по необходимости, но не реже чем раз в полгода.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные технические характеристики подъемника П-97МК.
2. Устройство подъемника П-97МК.
3. Последовательность операций при подъеме автомобиля.
4. Последовательность операций при опускании автомобиля.
5. Операции ежедневного технического обслуживания подъемника П-97МК.
6. Операции периодического технического обслуживания подъемника П-97МК.

Занятие 9. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание комплекта Э203 для проверки свечей зажигания

Цель занятия: изучить комплект Э203 и освоить практические приемы проверки свечей зажигания.

Оборудование и материалы: комплект Э203, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучите комплект Э203. Определите техническое состояние свечей зажигания и дайте заключение.

Назначение

Комплект модели Э203 предназначен для технического обслуживания перед диагностированием и диагностирования во время эксплуатации искровых свечей зажигания двигателей внутреннего сгорания с резьбой на корпусе М14×1,25 и М18×1,5 и длиной резьбовой части от 12 до 19 мм (табл. 7).

Таблица 7

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Диапазон измерений давления	0…16 атм
Искровой промежуток контрольного разрядника	12 мм
Пневмопитание Э203-О	4…6 атм
Электропитание Э203-П	220 В
Габариты Э203-О	215×176×288 мм
Масса Э203-О	4 кг
Габариты Э203-П	350×260×105 мм
Масса Э203-П	7 кг

Комплект обеспечивает:

- очистку песком нагара на корпусе, тепловом конусе изолятора и электродах свечи;
- сдув частиц песка после проведения очистки;
- контроль и регулирование зазоров между электродами свечей в диапазоне от 0,6 до 1 мм с интервалом через 0,1 мм;
- испытание свечей на бесперебойность искрообразования;
- испытание свечей на герметичность.

С помощью комплекта могут быть выявлены следующие дефекты свечей: перебои в искрообразовании между электродами, трещины, внутренние пробои или поверхностные перекрытия изолятора, потеря герметичности.

Устройство прибора и принцип работы

Конструктивно комплект выполнен ввиде двух отдельных блоков: прибора для проверки свечей Э203П и приспособления для очистки Э203О. Для контроля и регулирования зазоров между электродами свечей в комплекте имеются комбинированный щуп и ключ для регулировки искрового промежутка.

Принцип действия прибора для проверки свечей основан на визуальном наблюдении искрообразования между электродами свечей через смотровые стекла *6* (рис. 27) воздушной камеры при заданном давлении воздуха, окружающего электроды. Испытательное напряжение подается на свечу *9* от источника высокого напряжения, имитирующего систему зажигания автомобиля, с накоплением энергии в зарядной емкости и передачей ее с помощью тиристорного коммутатора в катушку зажигания. Давление сжатого воздуха в камере создается с помощью ручного пневматического поршневого насоса. Контроль создаваемого давления осуществляется с помощью манометра *3*, а сброс (регулирование) давления – с помощью выпускного вентиля *1*. Отличительной особенностью конструкции данного прибора является то, что наблюдение за ценообразованием возможно через отражающее зеркало *7*, и смотровое стекло как с торца, так и сбоку свечей.

Герметичность свечей проверяется по падению давления в воздушной камере за заданное время.

Для контроля исправности электрической схемы в приборе имеется трехэлектродный игольчатый разрядник, к которому может подключаться провод от источника высокого напряжения.

При этом визуально проверяется бесперебойность искрообразования на разряднике. Защита питающей сети от радиопомех осуществляется с помощью экранной обмотки трансформатора и проходных конденсаторов, а защита от излучения помех в эфир – наличием в схеме помехоподавительного резистора, находящегося в наконечнике высоковольтного провода, и ограничением длительности работы прибора до 30 с.



Рис. 27. Прибор для проверки свечей Э203П:
1 – вентиль выпуска воздуха; 2 – рукоятка насоса; 3 – манометр;
4 – выключатель; 5 – воздушная камера; 6 – верхнее смотровое стекло;
7 – боковое зеркало; 8 – наконечник высоковольтного провода; 9 – свеча

Очистка от нагара и сдув частиц песка в приспособлении для очистки проводятся последовательно при одной установке свечи в отверстие манжеты пескоструйной головки. Песок при нажатии на кнопку ОЧИСТКА засасывается эжектором из мешка-фильтра и через сопло под давлением подается на свечу. Сдув частиц песка со свечи после проведения очистка производится струей сжатого воздуха, подаваемого через другое сопло головки, при нажатии на кнопку ОБДУВ.

Подготовка комплекта к использованию

При работе прибора следует остерегаться высокого напряжения, которое подается на проверяемую свечу или на контрольный разрядник. Не рекомендуется нажимать кнопку ПРОВЕРКА с неприсоединенным к свече или разряднику высоковольтным проводом, а также оставлять прибор в подключенном состоянии к сети питания при длительных перерывах в работе.

Прибор для проверки свечей рекомендуется устанавливать в наиболее затемненной части помещения, так чтобы на воздушную камеру не падал свет, так как это затруднит визуальное наблюдение искрообразования.

Надеть конец гибкого шланга воздушной магистрали на штуцер приспособления, обозначенный символом ВХОД. Закрепить шланг на штуцере с помощью стяжной ленты, скобы и шплинта из комплекта мотажных частей. Открыть вентиль воздушной магистрали и убедиться в отсутствии утечки воздуха через соединение. Последовательно нажать на кнопки ОЧИСТКА и ОБДУВ и убедиться в интенсивном выходе струи воздуха через сопла. Засыпать в мешок-фильтр просушенный песок примерно на одну четвертую часть его объема и установить на головку, закрепив стяжной лентой. Установить на корпус головки защитный экран и, надев защитные очки, убедиться в работе приспособления, нажав на кнопку ОЧИСТКА на 2-3 с. При этом должен наблюдаться интенсивный выброс песка наружу.

Установить в отверстие головки манжету, соответствующую диаметру резьбы на корпусе свечи и закрепить крышкой. Произвести очистку свечей от нагара в течение 10 с, нажимая на кнопку ОЧИСТКА. При этом свечу надо покачивать в манжете, отклоняя ее в разные стороны от вертикального положения на угол около 5°. Затем следует нажать на кнопку ОБДУВ на 10-15 с для сдува

частиц песка. Убедиться в качестве очистки нагара и сдува частиц песка путем визуального осмотра. Поверхности свечи после проведенной очистки должны иметь матовый цвет металла без следов нагара. Если на поверхностях остались следы нагара, то очистку следует повторить. Приспособление считается работающим нормально, если после очистки за заданное время (10 с) дополнительной очистке необходимо будет подвергнуть не более двух свечей из пяти отобранных в партию. Закрыть вентиль подачи воздуха к приспособлению.

Включить прибор в сеть, открыть крышку, закрывающую разрядник, и присоединить наконечник высоковольтного провода к выводу контрольного разрядника. Нажать кнопку ПРОВЕРКА и наблюдать за искрообразованием между электродами. Искрообразование должно быть бесперебойным в течение 30 с. Отпустить кнопку ПРОВЕРКА.

Плотно закрыть вентиль выпуска воздуха, вращая головку винта по часовой стрелке. Качать рукоятку насоса, следя за нарастанием давления воздуха в системе по манометру. Давление не менее чем 1 МПа (10 кгс/см^2) в системе должно создаваться не более чем за 10 рабочих ходов поршня.

Если будет наблюдаться спад давления, то необходимо найти и устранить неплотности в соединениях. Пневматическая система может считаться нормальной, если по манометру не будет обнаруживаться падение давления от первоначального значения за время 30 с. Выпустить воздух из системы, вращая головку винта вентиля против часовой стрелки.

Порядок проведения измерений

Очистка свечей. Если рабочая камера свечи имеет слой нагара, ее очищают песком в приспособлении для очистки, а затем обдувают сжатым воздухом. Для этого необходимо: подобрать соответствующую по диаметру манжету и установить ее под крышку приспособления для очистки, закрепить с помощью винтов; вставить свечу в отверстие манжеты и нажать кнопку ОЧИСТКА на 10 с.

При этом свечу следует покачивать, отклоняя от вертикального положения на угол около 5° в разные стороны. Не вытаскивая свечу из манжеты, отпустить кнопку ОЧИСТКА и нажать кнопку ОБДУВ на время 10-15 с для сдува частиц песка; отпустить кнопку ОБДУВ и вытащить свечу из манжеты.

Визуально проверить качество очистки от нагара и, если нагар удален не полностью, очистку следует повторить. Не рекомендуется увеличивать время очистки свыше 10 с, так как песок абразивно изнашивает электроды и поверхность теплового конуса.

Не рекомендуется также просушивать свечи на открытом пламени или в печи при температуре свыше 400°С, так как это может привести к нарушению герметичности ее соединений или к порче изолятора. Установить с помощью ключа и универсального щупа, входящих в комплект, нормальный зазор между электродами, путем подгибки бокового электрода.

Проверка свечей. Подобрать переходник (при необходимости) и уплотнительные кольца из комплекта принадлежностей в соответствии с проверяемой партией свечей, ввернуть проверяемую свечу в воздушную камеру прибора. Плотно затянуть. Плотно закрыть вентиль выпуска воздуха, вращая головку винта вентиля по часовой стрелке до упора.

Качать рукоятку насоса, следя за нарастанием давления по манометру. Если будет наблюдаться спад давления, то следует увеличить усилие затяжки свечи в камере.

Создать давление воздуха в камере 1,05±0,05 Мпа (10,5±0,5 кгс/см^2), наблюдать при этом за показаниями манометра.

Допускаемое падение давления на 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) от первоначального для свечей с герметизацией соединения изолятор-центральный электрод на основе термоцемента – 10 с, остальных типов – 1 мин. Быстрый спад давления свидетельствует о том, что свеча не обладает нужной герметичностью.

Включить прибор в сеть питания и надеть наконечник высоковольтного провода на вывод свечи.

Установить с помощью вентиля давление воздуха в камере, руководствуясь таблицей 8.

Таблица 8

Значение испытательного давления от зазора между электродами

Зазор между электродами, мм	Ед. измерения	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Испытательное давление	МПа	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	кгс/см^2	10	9	8	7	6	5

Нажать кнопку ПРОВЕРКА и наблюдать за искрообразованием между электродами свечи через верхнее смотровое стекло и боковое отражающее зеркало. У нормально работающей свечи визуально должно наблюдаться бесперебойное искрообразование между электродами. Через боковое зеркало должен наблюдаться светлый ореол вокруг центрального электрода.

При пробое изолятора через боковое зеркало будут видны искры пробоя. Через верхнее смотровое стекло у неисправной свечи будут наблюдаться перебои в образовании искр. Пробой изолятора по поверхности также будет обнаруживаться визуально.

При бесперебойном искрообразовании при заданном давлении свечи исправны и пригодны для дальнейшей эксплуатации.

Если будут обнаружены перебои в искрообразовании, следует с помощью вентиля снизить давление в воздушной камере, руководствуясь таблицей 9, и снова нажать кнопку ПРОВЕРКА.

Таблица 9

Значение испытательного давления от зазора между электродами при повторной проверке

Зазор между электродами, мм	Ед. измерения	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Испытательное давление	МПа	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35
	кгс/см^2	7	6	5	4,5	4	3,5

Если при этом искрообразование будет бесперебойным, то свечу можно устанавливать на двигатель для дальнейшей эксплуатации, но при этом ее ресурс будет ниже, чем у исправной. Если и при уменьшенном давлении будут наблюдаться перебои в искрообразовании, то такие свечи следует выбраковать. Для удобства пользования на панели прибора нанесена таблица, содержащая нормативные значения испытательного давления воздуха в зависимости от зазора между электродами.

Техническое обслуживание

Рекомендуется ежедневно или перед испытаниями очередной партии свечей проверять исправность электрической схемы прибора для проверки свечей путем работы на контрольный разрядник

в течение 30 с. Если время очистки превышает 10 с, то песок следует просушить. При этом следует вытряхнуть пыль из мешка-фильтра и добавить песок, если его уровень уменьшился. Ежегодно у прибора для проверки свечей необходимо измерять сопротивление изоляции между корпусом и выводами вилки сетевого кабеля. Сопротивление изоляции должно соответствовать норме.

Контрольные вопросы

1. Назначение комплекта Э203.
2. Принцип работы комплекта Э203.
3. Как производится очистка свечей зажигания прибором Э203О?
4. Как осуществляется проверка свечей зажигания прибором Э203П?
5. Порядок подготовки комплекта к использованию.

Занятие 10. Виды эксплуатационных документов

Цель занятия: изучить основные виды эксплуатационной документации на технологическое оборудование

Оборудование и материалы: методические указания.

Задание. Изучите и законспектируйте основные виды эксплуатационной документации на технологическое оборудование.

Согласно ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы»:

Эксплуатационный документ (ЭД) – конструкторский документ, который в отдельности или в совокупности с другими документами определяет правила эксплуатации изделия и/или отражает сведения, удостоверяющие гарантированные изготовителем значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, гарантии и сведения по его эксплуатации в течение установленного срока службы.

ЭД предназначены для эксплуатации изделий, ознакомления с их конструкцией, изучения правил эксплуатации (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования), отражения сведений, удостоверяющих гарантированные изготовителем значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, гарантий и сведений по его эксплуатации за весь период (длительность и условия

работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные), а также сведений по его утилизации.

ЭД могут быть выполнены как бумажные и/или как электронные КД. Документы одного вида и наименования, независимо от формы выполнения, являются равноправными и взаимозаменяемыми

К ЭД относят текстовые, графические и аудиовизуальные (мультимедийные) КД, которые в отдельности или в совокупности дают возможность ознакомления с изделием и определяют правила его эксплуатации.

В ЭД, поставляемых с изделием, должна содержаться следующая информация:

- наименование страны-изготовителя и предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- основное назначение, сведения об основных технических данных и потребительских свойствах изделия;
- правила и условия эффективного и безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации изделия;
- ресурс, срок службы и сведения о необходимых действиях потребителя по его истечении, а также информация о возможных последствиях при невыполнении указанных действий (сведения о необходимых действиях по истечении указанных ресурсов, сроков службы, а также возможных последствиях при невыполнении этих действий приводят, если изделие по истечении указанных ресурса и сроков может представлять опасность для жизни, здоровья потребителя (пользователя), причинять вред его имуществу или окружающей среде либо оно становится непригодным для использования по назначению. Перечень таких изделий составляют в установленном порядке);
- гарантии изготовителя (поставщика) (в установленном законодательством порядке);
- сведения о сертификации (при наличии);
- сведения о приемке;
- юридический адрес изготовителя (поставщика) и/или продавца;
- сведения о цене и условиях приобретения изделия (приводит, при необходимости, изготовитель, поставщик либо продавец). Для изделий, разрабатываемых и/или поставляемых по заказам Министерства обороны, эти сведения и условия не приводят.

Виды эксплуатационных документов

Руководство по эксплуатации – документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования) и оценок его технического состояния при определении необходимости отправки его в ремонт, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей.

Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия – документ, содержащий сведения, необходимые для монтажа, наладки, пуска, регулирования, обкатки и сдачи изделия и его составных частей в эксплуатацию на месте его применения.

Формуляр – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения, отражающие техническое состояние данного изделия, сведения о сертификации и утилизации изделия, а также сведения, которые вносят в период его эксплуатации (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные).

Паспорт – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия.

Этикетка – документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения о сертификации изделия

Каталог изделия – документ, содержащий перечень деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов изделия с иллюстрациями и сведения об их количестве, расположении в изделии, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях, материалах и др.

Нормы расхода запасных частей – документ, содержащий номенклатуру запасных частей изделия и их количество, расходуемое на нормируемое количество изделий за период их эксплуатации.

Нормы расхода материалов – документ, содержащий номенклатуру материалов и их количество, расходуемое на нормированное количество изделий за период их эксплуатации.

Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей – документ, содержащий номенклатуру, назначение, количество и места укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, расходуемых за срок службы изделия.

Учебно-технические плакаты – документы, содержащие сведения о конструкции изделия, принципах действия, приемах использования, техническом обслуживании, областях технических знаний с необходимыми иллюстрациями

Инструкции эксплуатационные специальные – документы, содержащие специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, оформленные в виде самостоятельных частей ЭД или в виде приложений к ним.

Ведомость эксплуатационных документов – документ, устанавливающий комплект эксплуатационных документов и места укладки документов, поставляемых с изделием или отдельно от него.

В зависимости от особенностей изделия, объема сведений по нему и условий эксплуатации допускается:

- разделять документ на части в соответствии с ГОСТ;
- разрабатывать объединенные ЭД (допускается выпускать на изделие один ЭД).

Объединенному ЭД присваивают наименование и код вышестоящего документа.

Степень деления ЭД на части, разделы, подразделы и пункты определяет разработчик изделия в зависимости от объема помещаемых в ЭД сведений.

Допускается отдельные части, разделы и подразделы ЭД объединять или исключать, а также вводить новые.

На конструктивно простейшие изделия, объем сведений по которым незначителен, ЭД допускается не составлять, а необходимые сведения размещать (маркировать) на самом изделии или на фирменной табличке, прикрепляемой к нему.

Специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, для удобства использования допускается оформлять в виде самостоятельных частей ЭД, приложений к ним или специальных инструкций. В качестве самостоятельных частей и приложений к документам, как правило, выполняют:

- памятки по обращению с изделием;

- специальные формуляры (например, формуляр шумности, по аварийно-спасательному обеспечению);

- ведомости (например, ведомости размещения ЗИП, имущества);

- нормировочные документы (например, нормы времени, трудоемкости выполнения отдельных работ);

- сервисные книжки по обслуживанию изделия, гарантийные талоны;

- спецификации комплектов специального назначения.

В качестве специальных инструкций, как правило, выполняют:

- инструкции для отдельных специалистов обслуживающего персонала;

- инструкции по мерам безопасности;

- инструкции по проверке специальных контрольно-измерительных приборов и оборудования;

- инструкции по проведению специальных работ, проверок и испытаний изделий на промежуточных пунктах (базах, складах);

- инструкции по утилизации, инструкции по переводу изделия в категорию утилизируемого;

- инструкции по защите информации и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое руководство по эксплуатации.
2. Какие сведения содержатся в формуляре?
3. Перечислите основные виды эксплуатационных документов?
4. Для чего предназначены эксплуатационные документы?
5. . Какие сведения содержатся в паспорте?

Приложения

Приложение 1

Рекомендуемые скорости движения машинно-тракторных агрегатов

Наименование производственного процесса	Рекомендуемая скорость, км/ч
Вспашка обычными плугами	4-8
Вспашка скоростными плугами	6-10
Глубокое рыхление плоскорезами	7-11
Поверхностная обработка плоскорезами	7-12
Культивация пара	7-10
Лущение дисковыми лущильниками	6-10
Боронование зубовыми боронами	5-10
Прикатывание катками	7-12
Посев зерновыми сеялками	7-12
Посев сеялками-культиваторами	5-7
Посев свеклы	6-9
Посадка картофеля	4-6
Посев кукурузы	6-9
Разбрасывание минеральных удобрений	9-15
Разбрасывание органических удобрений	7-9
Междурядная культивация пропашных: – первая – вторая и последующие	 4-9 7,5-10
Рыхление междурядий сахарной свеклы и окучивание картофеля	4-6
Косьба зерновых рядковыми жатками в валки	6-10
Подбор валков	5-8
Прямое комбайнирование	4-8
Уборка кукурузы	5-9
Уборка сахарной свеклы комбайном	2,5-8,5
Уборка картофеля комбайном	1,5-4,5
Кошение трав на сено	5-10
Уборка трав косилками-измельчителями	5-10
Подбор и прессование сена и соломы	5-9
Снегозадержание	6-10

Приложение 2

Передаточные числа трансмиссии тракторов

Передача	Марка трактора							
	К-744 Р		К-744 Р1		К-744 Р2		К-744 Р3	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	5,08	126,11	5,08	126,11	5,08	126,11	5,08	126,11
2	6,15	104,01	6,15	104,01	6,15	104,01	6,15	104,01
3	7,43	86,12	7,43	86,12	7,43	86,12	7,43	86,12
4	8,29	77,17	8,29	77,17	8,29	77,17	8,29	77,17
5	8,92	71,73	8,92	71,73	8,92	71,73	8,92	71,73
6	10,05	63,67	10,05	63,67	10,05	63,67	10,05	63,67
7	12,13	52,79	12,13	52,79	12,13	52,79	12,13	52,79
8	14,60	43,85	14,60	43,85	14,60	43,85	14,60	43,85
9	10,90	58,75	10,90	58,75	10,90	58,75	10,90	58,75
10	13,22	48,41	13,22	48,41	13,22	48,41	13,22	48,41
11	15,94	40,16	15,94	40,16	15,94	40,16	15,94	40,16
12	19,21	33,32	19,21	33,32	19,21	33,32	19,21	33,32
13	17,89	35,78	17,89	35,78	17,89	35,78	17,89	35,78
14	21,73	29,46	21,73	29,46	21,73	29,46	21,73	29,46
15	26,07	24,55	26,07	24,55	26,07	24,55	26,07	24,55
16	31,47	20,34	31,47	20,34	31,47	20,34	31,47	20,34

Продолжение приложения 2

Передача	Марка трактора							
	К-701		МТЗ-82.1		МТЗ-900		МТЗ-1221	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
1	2,92	197,98	2,47	241,95	2,29	261,42	1,83	311,2
2	3,54	163,46	4,21	142,10	2,46	242,61	1,96	291,85
3	4,27	135,60	6,99	85,55	2,67	223,88	2,09	272,57
4	5,14	112,65	8,79	68,00	2,91	205,15	2,25	253,28
5	7,13	81,12	10,41	57,43	3,21	186,42	2,44	233,99
6	8,65	66,93	12,19	49,06	3,57	167,69	2,66	214,70
7	10,42	55,54	14,97	39,94	4,01	148,96	2,92	195,41
8	12,56	46,08	17,73	33,73	4,59	130,23	3,24	176,12
9	7,92	73,06	32,98	18,13	5,36	111,50	3,64	156,83
10	9,60	60,27	0,73	816,58	6,45	92,77	4,15	137,54
11	11,59	49,93	1,25	479,59	8,08	74,04	4,83	118,25
12	13,94	41,52	-	-	10,81	55,31	5,77	98,96
13	19,44	29,76	-	-	16,35	36,58	7,16	79,67
14	23,59	24,53	-	-	33,50	17,85	9,45	60,38
15	28,48	20,32	-	-	-	-	13,89	41,09
16	34,06	16,99	-	-	-	-	26,18	21,8

Продолжение приложения 2

Передача	Марка трактора							
	МТЗ-1523		ЛТЗ-155		ХТЗ-17421		Т-151К	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
1	1,58	360,61	1,83	282,18	3,05	186,74	3,20	177,70
2	1,69	337,81	2,01	257,00	3,31	171,73	3,48	163,53
3	1,81	315,06	2,15	239,80	3,63	156,76	3,81	149,41
4	1,95	292,31	2,32	222,60	4,01	141,79	4,20	135,29
5	2,12	269,56	2,51	205,40	4,48	126,82	4,69	121,17
6	2,31	246,81	2,74	188,20	5,09	111,85	5,31	107,05
7	2,55	224,06	3,02	171,00	5,87	96,88	6,12	92,93
8	2,84	201,31	3,36	153,80	6,94	81,91	7,22	78,81
9	3,20	178,56	3,78	136,60	8,50	66,94	8,79	64,69
10	3,66	155,81	4,32	119,40	10,94	51,97	11,25	50,57
11	4,29	133,06	5,05	102,20	15,37	37,00	15,60	36,45
12	5,17	110,31	6,08	85,00	25,82	22,03	25,47	22,33
13	6,52	87,56	7,62	67,80	-	-	-	-
14	8,81	64,81	10,21	50,60	-	-	-	-
15	13,57	42,06	15,46	33,40	-	-	-	-
16	29,56	19,31	31,88	16,20	-	-	-	-

Окончание приложения 2

Передача	Марка трактора							
	ХТЗ-150-05-09		ВТ-100Д		ВТ-150		Т-4А.01	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**
1	4,26	70,99	3,60	65,55	3,80	67,48	2,22	109,70
2	4,69	64,55	3,93	60,05	4,15	61,72	2,43	100,37
3	5,20	58,15	4,33	54,56	4,58	56,02	2,67	91,09
4	5,84	51,75	4,81	49,07	5,10	50,32	2,98	81,81
5	6,67	45,35	5,42	43,58	5,75	44,62	3,36	72,53
6	7,76	38,95	6,20	38,09	6,59	38,92	3,85	63,25
7	9,29	32,55	7,25	32,60	7,72	33,22	4,51	53,97
8	11,57	26,15	8,71	27,11	9,32	27,52	5,45	44,69
9	15,31	19,75	10,92	21,62	11,75	21,82	6,88	35,41
10	-	-	14,64	16,13	15,91	16,12	9,32	26,13

Приложение 3

Основные технические характеристики тракторов

Показатели	Марка трактора			
	К-744 Р	К-744 Р1	К-744 Р2	К-744 Р3
1	2	3	4	5
Марка двигателя	ЯМЗ-238НД4	ЯМЗ-238НД5	ЯМЗ-8481.10	ЯМЗ-8481.10-02
Тяговый класс	5	5	5	8
Ne_H, кВт	184	220	257	287
n_H, мин$^{-1}$	1900	1900	1900	1900
ge_H, г/кВтч	220	220	220	231
G_{TP}, кг	15060	15060	15680	17500
Габариты	7,25×2,85	7,25×2,85	7,25×2,83	7,35×4,65
r_0, м	0,332	0,332	0,332	0,332
h, м	0,720	0,720	0,720	0,720

Продолжение приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	К-701	МТЗ-82.1	МТЗ-900	МТЗ-1221
1	6	7	8	9
Марка двигателя	ЯМЗ-238	Д-243	Д-243	Д-260.2
Тяговый класс	5	1,4	1,4	2
Ne_H, кВт	220	60	60	96
n_H, мин$^{-1}$	1900	2200	2200	2100
ge_H, г/кВтч	225	220	220	228
G_{TP}, кг	12500	3900	3720	4640
Габариты	7,40×2,88	3,93×1,97	3,83×1,97	4,6×2,25
r_0, м	0,332	0,483	0,483	0,483
h, м	0,610	0,305	0,305	0,305

Продолжение приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	МТЗ-1523	ЛТЗ-155	ХТЗ-17421	Т-151К
1	10	11	12	13
Марка двигателя	Д-260.1	Д-442-47	СМД-31Т	СМД-63
Тяговый класс	2	2	3	3
Ne_H, кВт	114	88	147	128,7
n_H, мин$^{-1}$	2100	1850	2100	2100
ge_H, г/кВтч	228	220	241	237
G_{TP}, кг	5000	5600	9040	8980
Габариты	4,75×2,25	4,67×2,35	6,58×2,46	6,13×2,48
r_0, м	0,483	0,483	0,305	0,305
h, м	0,305	0,330	0,530	0,530

Окончание приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	ХТЗ-150-05-09	ВТ-100Д	ВТ-150	Т-4А.01
1	**14**	**15**	**16**	**17**
Марка двигателя	ЯМЗ-236Д3	Д-442-24	Д-442-24ВИ	А-01МСИ
Тяговый класс	3	3	3	4
Ne_H, кВт	128,7	88	110	95,6
n_H, мин$^{-1}$	2100	1750	1900	1700
ge_H, г/кВтч	220	220	220	220
G_{TP}, кг	8150	7580	7720	8870
Габариты	5,00×1,88	5,33×1,85	5,40×1,85	4,65×1,95
r_0, м	0,382	0,358	0,358	0,380
h, м	-	-	-	-

Приложение 4

Коэффициенты сцепления трактора с почвой (μ) и сопротивления перекатыванию (качению) тракторов (f)

Условия движения	Трактор			
	Колёсный		Гусеничный	
	μ	f	μ	f
Шоссейная дорога	0,6-0,9	0,014-0,04	1,0	0,01
Сухая укатанная грунтовая дорога	0,6-0,8	0,03-0,05	0,9-1,0	0,05-0,07
Грунтовая неровная дорога	-	0,05-0,10	-	-
Снежная укатанная дорога	0,3	0,03-0,05	0,6	0,06-0,07
Целина, залежь, плотная дернина, сильно уплотненная стерня	0,8-0,9	0,03-0,06	1,0	0,05-0,07
Стерня нормальной влажности, поле из-под кукурузы	0,7-0,8	0,06-0,08	0,9-1,0	0,07-0,09
Влажная стерня	0,6-0,7	0,08-0,10	0,9	0,08-0,11
Слежавшаяся пашня	0,5-0,6	0,10-0,12	0,7	0,07-0,08
Подготовленное под посев поле, чистый пар	0,5-0,7	0,16-0,20	0,6-0,7	0,10-0,12
Свежевспаханное поле	0,4-0,5	0,18-0,22	0,6	0,12-0,14
Влажный луг	0,5-0,7	0,08-0,10	0,6-0,8	0,09-0,11
Песок влажный	0,4	0,08-0,10	0,5	-
Песок сухой	0,3	0,15-0,20	0,4	0,10-0,12
Глубокая грязь	0,1	-	0,3-0,5	0,10-0,25
Глубокий снег	-	0,24-0,28	-	0,09-0,12

Приложение 5

Буксование ведущего аппарата трактора в % на различных передачах в зависимости агрофона

Агрофон	Гусеничные тракторы				Колёсные тракторы			
	Передачи							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Культи-вированное поле	5,0-6,0	3,5-4,5	2,0-3,0	1,5-2,0	25,0-30,0	18,0-20,0	13,0-15,0	10,0-12,0
Стерня	3,0-4,0	2,0-3,0	1,2-1,6	0,5-1,0	18,0-22,0	12,0-15,0	9,0-11,0	6,0-8,0
Залежь	2,0-3,0	1,5-2,0	1,0-1,2	0,6-0,8	14,0-16,0	10,0-12,0	6,0-8,0	3,0-5,0

Приложение 6

Удельные сопротивления сельскохозяйственных машин

Наименование операции	Сельскохозяйственная машина	Удельное сопротивление k, кН/м
1	2	3
Боронование	Борона зубовая тяжёлая	0,40-0,70
	Борона зубовая средняя	0,30-0,60
	Борона сетчатая и шлейф борона	0,45-0,65
	Борона пружинная и лапчатая	1,00-1,8
	Борона дисковая	1,60-2,20
	Борона игольчатая	0,45-0,80
Сплошная культивация	Культиватор штанговый	1,60-2,60
	Культиватор паровой (6-8 см)	1,60-3,00
	Культиватор паровой (10-12 см)	1,20-1,60
Глубокое рыхление	Культиватор-глубокорыхлитель	8,00-13,00
Обработка плоскорезами	Культиватор-плоскорез	4,00-6,00
Лущение стерни	Лущильник дисковый (8-10 см)	1,20-2,60
	Лущильник лемешный (10-14 см)	2,50-6,00
	Лущильник лемешный (14-18 см)	6,00-10,00
Рядовой посев зерновых культур	Сеялка дисковая	1,10-1,60
	Сеялка узкорядная	1,50-2,50
	Сеялка-лущильник	1,20-2,80
	Сеялка зернопрессовая	1,20-1,80
Посев кукурузы	Сеялка кукурузная	1,00-1,40
Прикатывание	Каток гладкий водоналивной	0,55-1,20
	Каток кольчато-шпоровый	0,60-1,00
Междурядная обработка	Культиватор со стрельчатыми лапами и бритвами	1,20-1,80

Окончание приложения 6

1	2	3
Рыхление междурядий кукурузы и подсолнечника	Культиватор-растениепитатель	1,30-1,60
Кошение трав	Косилка с приводом от ВОМ	0,70-1,10
	Косилка от ходовых колёс	0,90-1,40
	Косилка-измельчитель	0,80-1,30
Сгребание трав	Грабли поперечные	0,50-0,75
	Грабли-валкообразователи	0,70-0,90
Кошение зерновых культур	Жатка рядковая прицепная	1,20-1,50
Уборка кукурузы	Кукурузоуборочный комбайн	1,50-1,70
	Силосоуборочный комбайн	1,20-1,60
Уборка корнеплодов	Свеклоподъёмник	3,00-4,00
	Копатель корнеплодов	6,50-7,50
Дискование пашни	Дисковая борона	4,00-8,00
Разбрасывание минеральных удобрений	Туковая сеялка	0,30-0,40
Опрыскивание	Опрыскиватель навесной	0,15-0,20
	Гербицидно-аммиачная машина	0,10-0,20
Подбор сена	Пресс-подборщик	0,40-0,50
	Подборщик-копнитель	0,40-0,50
	Подборщик-стогообразователь	1,20-1,40
	Подборщик-укладчик	0,70-0,80
Снегозадержание	Снегопах	5,30-5,50

Приложение 7

Машины для механизации процессов в растениеводстве

Наименование машины	Марка	Ширина захвата, м	Масса, кг
1	2	3	4
Плуги	ПП-9-40	До 3,7	2160
	ПП-9-35	3,15	3650
	ПРУН-8-45	3,60	1974
	ПЛП-6-35	2,1	1230
	ПЛ-5-40	1,75-2,25	1630
	ПНУ-8-40	3,2	2400
	ПЛН-5-40	2,0	905
	ПН-3-35	1,05	445
Плоскорезы-глубокорыхлители	ПГ-3С	3,1	950
	ПГ-2С	2,1	606
	ПГН-5	5,25	1650
	ПГН-3	3,18	1277

Продолжение приложения 7

1	2	3	4
Культиваторы	КПШ-20	20	3500
	КПШ-9	9,5	2800
	КШУ-12	8	2950
	КШУ-4	4	760
	КСТ-2,2	2,2	975
	КПЭ-3,8Г	3,91	830
	КПС-4	4	927
	КСО-4	4	1040
Культиваторы для междурядной обработки почвы	КРН-4,2Б	4,2	1190
	КРН-5,6Б	5,6	1530
	КРН-8,4	8,4	1597
Бороны	БДТ-10	10	4100
	БДТ-7А	7	4587
	БДТ-5,2	5,2	4150
	БДН-3,0	3,0	684
	БЗСС-1,0	0,98	37,8
	БЗТС-1,0	0,98	43,7
	БМШ-20	20	8600
	БМШ-15	15	6800
Катки	КВП-3,8	7,2-8,2	680
	3ККШ-6	6,1	1950
	КЗК-10	10,0	4300
	3КВГ-1,4	4,0	790
Лущильники	ЛДГ-20	20	5430
	ЛДГ-15А	15	3150
	ЛДГ-10А	10	2480
	ЛДГ-5А	5,5-6,2	1200
	ПЛЛ-10-25	2,5	1265
	ПЛЛ-5-25	1,25	455
Машины для внесения минеральных удобрений	МВУ-5	7-17	2170
	РДУ-1,5	10-28	450
	РУН-0,5Н	8-24	200
	МТТ-4У	16-24	2550
	РЖТ-4М	11-12	2220
Машины для внесения органических удобрений	ПРТ-16М	7-8	5325
	ПРТ-10	6,5-7	3970
	ПРТ-7А	5-8	2850
	ПРТ-11	5-8	4070
	РОУ-6М	4-8	2170
	РУН-15Б	35,0	1750
Опрыскиватели	ОП-2000	16-24	1020
	ОП-22	22,6	850
	ОМП-2001	18	1200

Окончание приложения 7

1	2	3	4
Снегопах-валкователь	СВШ-7-01	7,2	2900
Снегопах-валкообразователь	СВУ-2,6А	2,6	850
Сеялка зернотуковая	СЗ-3,6А	3,6	1380
Сеялка зернотуковая прессовая	СЗП-3,6А	3,6	1839
Сеялка зернотукотравяная	СЗТ-3,6А	3,6	2370
Сеялки-культиваторы зернотуковые	СЗС-12 СРС-6	12,3 6,15	8300 4334
Сеялка кукурузная пневматическая	СУПН-8А	5,6	1215

Приложение 8

Характеристика сцепок

Марка сцепки	Фронт сцепки, м	Наибольшая ширина захвата, м	Масса сцепки, Н.	Назначение
С-11У (колеса металлические)	14,4	11,0	7000	Бороны БЗСС-1,0, БЗТС-1,0; Катки: ЗККШ-6А, ЗКВГ-1,4
СГ-21Б (колеса пневматические)	18,0	21,6	10300	
СП-11А (колеса пневматические)	7,0	10,8	11400	Культиваторы: КПС-4, КПЭ и т. д.; Сеялки: СЗ-3,6, СЗП-3,6 и все их модификации Бороны: БИГ-3, БЗСС-1,0, БЗТС-1,0; Катки: ЗККШ-6А, ЗКВГ-1,4
СП-16А (колеса пневматические)	13,5	16,8	23600	

Приложение 9

Удельные сопротивления плугов

Тип почвы	Удельное сопротивление k_0, Н/см^2
Легкие	2,0-3,5
Средние	3,5-5,5
Тяжелые	5,5-8,0
Весьма тяжелые	свыше 8,00

Приложение 10

Кинематические характеристики тракторов и сельскохозяйственных машин

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Марка	Кинематическая длина, м
1	2	3	2	3
Тракторы	К-701	3,20	К-744 Р	3,5
	К-744 Р1, Р2, Р3	3,7	МТЗ-592	1,95
	МТЗ-552	1,95	МТЗ-952	1,95
	МТЗ-900	1,95	МТЗ-1221	2,57
	МТЗ-1025	2,1	МТЗ-1523	2,35
	Т-25А	0,85	ЛТЗ-55	1,2
	Т-45А	1,1	Т-151К	2,8
	ЛТЗ-155	2,6	ХТЗ-17421	3,0
	ХТЗ-150К	2,8	ХТЗ-150-05	2,5
	ХТЗ-150-03	2,5	ВТ-100Д	2,6
	ДТ-75Н	2,2	Т-70СМ	1,7
	ВТ-150	2,7	Т-4А-01	2,3
Плуги	ПТК-9-35	3,600	ПЛП-6-35	2,570
	ПЛН-5-35	2,050	ПЛ-5-35	2,500
	ПЛН-4-35	1,780	ПН-4-40	1,980
	ПЛН-3-35	1,420		
Глубокорыхлители	КПГ-250	1,76	КПГ-2-150	1,73
	КПГ-2.2	4,35		
Лущильники дисковые	ЛДГ-20	21,67	ЛДГ-15	10,42
	ЛДГ-10	7,40	ЛДГ-5	4,30
Лущильники лемешные	ППЛ-10-25	6,40	ППЛ-5-25	2,88
Бороны	БДН-3.0	1,90	БДН-10	11,8
	БДТ-7.0	4,38	БЗСС-1.0	1,35
	БЗТС-1.0	1,35	БИГ-3А	3,50
Катки	ЗККШ-6А	7,80	СКГ-2.0	3,30

Окончание приложения 10

1	2	3	2	3
Культиваторы	КПС-4	2,67	КПЭ-3.8А	3,92
	КПШ-9	7,30	КПШ-5	1,93
	КПУ-400	1,55	КРН-4.2	1,67
	КРН-5.6	2,10	КПГ-250	1,76
	КПГ-2.2	4,35	КПГ-2-150	1,73
Сцепки	СП-16	5,0	СП-11У	4,5
	СП-11	7,54	СГ-21	5,6
	СН-75	3,3		

Приложение 11

Кинематические характеристики посевных машин и разбрасывателей удобрений

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Вместимость бункера, дм^3
Сеялки	СЗ-3.6	3,50	690
	СЗП-3.6	3,98	690
	СЗТ-3.6	3,70	690
	СЗП-12	9,50	2223
	СЗП-8	7,40	1482
	СЗС-2.1	3,90	540
	СЗС-6	4,50	825
	СПЧ-6	5,20	240
	СУПН-8	5,70	260
	СКП-6	4,50	192
Разбрасыватели минеральных удобрений	РТТ-4,2	3,90	-
	1-РМГ-4	5,25	-
	РУМ-8	5,99	-
	РМС-6	5,40	-
	РУМ-5	5,50	-
Разбрасыватели органических удобрений	ПРТ-16	5,95	-

Приложение 12

Радиусы поворотов тракторов

Марка трактора	Радиус поворота, м	Марка трактора	Радиус поворота, м
1	2	1	2
К-701	7,2	Т-402.01	1,7
К-744 Р	7,2	ДТ-75Н	2,5
К-744 Р1	7,9	Т-30-69	3,7
К-744 Р2	7,9	Т-45А	4,5
К-744 Р3	7,8	ЛТЗ-55	2,8
МТЗ-552	4,1	ЛТЗ-155	4,5
МТЗ-592	4,1	Т-151К	6,5
МТЗ-900	4,1	ХТЗ-150К	6,5
МТЗ-952	4,1	ХТЗ-17421	6,6
МТЗ-1025	4,1	ХТЗ-150-03	2,35
МТЗ-1221	5,3	ХТЗ-150-05	2,35
МТЗ-1523	5,5	ВТ-100Д	3,2
МТЗ-82.1	4,2	ВТ-150	3,2
Т-4А-01	1,7	Т-70СМ	2,5

Приложение 13

Примерные затраты времени
на проведение ежесменных технических обслуживаний

Наименование машины	Марка машины	Время, ч
1	2	3
Тракторы	К-701	0,88
	К-744 Р	0,91
	К-744 Р2	0,91
	К-744 Р3	0,93
	МТЗ-552	0,76
	МТЗ-592	0,76
	МТЗ-900	0,78
	МТЗ-952	0,78
	МТЗ-1025	0,82
	МТЗ-1221	0,83
	МТЗ-1523	0,87
	МТЗ-82.1	0,57
	ЛТЗ-55	0,65
	ЛТЗ-155	0,78
	Т-151К	0,93
	ХТЗ-150К	0,93
	ХТЗ-17421	0,9
	ХТЗ-150-03	0,69
	ХТЗ-150-05	0,69
	ДТ-75Н	0,67
	ВТ-100Д	0,72
	ВТ-150	0,75
	Т-4А-01	0,76
	Т-402.01	0,76
Плуги	ПН-3-40, ПНЯ-2-50	0,12
	ПН-4-35	0,12
	ПЛН-5-35	0,12
	ППН-50, ПВН-3-35, ПТК-9-35	0,12
Глубокорыхлитель навесной	РН-80Б	0,20
Лущильник дисковый	ЛДГ-10, ЛДГ-15	0,20

Продолжение приложения 13

1	2	3
Лушильник лемешный	ППЛ-5-25	0,10
Борона	БДН-3	0,10
	БДТ-3	0,10
	БДСТ-2,5	0,10
	БИГ-3	0,10
Каток кольчато-шпоровый	3ККШ-6, 3КК-6	0,10
Культиватор	КПС-4, 4КУ-4	0,25
	КРН-4,2, КФ-5,4	0,50
	КРН-28А, КРН-,8МО	0,10
	КРН-5,6	0,36
	КРШ-8,1	-
	КРХ-5,4	0,22
Плоскорез-глубокорыхлитель	КПГ-250	0,10
Сеялка зерновая	СЗ-3,6, СЗУ-3,6	0,15
	СЗА-3,6, СЗТ-3,6, СЗС-2,1	0,15
	СЗП-24	0,40
Сеялка свекловичная	ССТ-12А	0,25
	ССТ-18А	0,25
Сеялка кукурузная	СКНК-8	0,40
	СБК-4	0,25
	СКТН-6А	0,25
Сеялка универсальная	СПЧ-6М	0,25
Картофелесажалка	СКС-4, СН-4Б	-
Опрыскиватель	СН-400	0,30
	ОП-1600, ОВТ-1	0,30
	ПОЧ, ОЗГ-120	0,30
	ОВХ-14	0,30
Косилка тракторная	-	0,10
Жатка	ЖВН-6, ЖНС-6-12	0,20
Жатка рядковая	-	0,50
Грабли тракторные	-	0,13
Прессе-подборщик	ППВ-1,6, ПСБ-1,6	0,65
Подборщик-копнитель	ПКС-2М	0,32

Окончание приложения 13

1	2	3
Картофелекопатель	КТН-2Б	0,30
	Z-609/02	0,20
	УКВ-2	0,40
	КСТ-1,4	0,30
Машина для внесения органических удобрений	РОУ-5	0,55
	ПРТ-10	0,30
	ПРТ-16	0,38
Машина для внесения жидких органических удобрений	РЖТ-4	0,23
	РЖТ-8	0,30
	РЖТ-16	0,30

Приложение 14

Примерная продолжительность остановки для технологического обслуживания

Наименование операции	Продолжительность остановки, ч
Вспашка	0,01
Боронование	0,04
Сплошная культивация	0,03
Междурядная обработка	0,03
Лущение	0,02
Кошение зерновых в валки	0,04
Подбор и обмолот, прямое комбайнирование	0,08
Уборка силосных культур	0,02

Приложение 15

Значения отчислений на ремонт и техническое обслуживание, амортизационного ресурса техники

Наименование техники	Значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены техники на 100 ч работы, %	Амортизационный ресурс, ч
1	2	3
Тракторы		
- колесные кл. 5,0 т	0,92	10120
- гусеничные кл. 4,0 т	1,14	8096
- колесные кл. 3 т	1,14	10120
- гусеничные кл. 3 т	1,26	9108
- универсально-пропашные кл. 1,4; 2,0	0,98	11132
Плуги отвальные общего назначения	9,30	1720
Бороны		
- зубовые	22,22	450
- дисковые	3,89	1260
Лущильники дисковые	5,83	840
Мотыги ротационные	7,69	455
Катки	4,17	960
Культиваторы		
- для сплошной обработки почвы	9,41	1190
- глубокорыхлители	11,03	1015
- плоскорезы	8,21	1365
- растениепитатели, окучники	4,62	1365
Сеялки		
- зерновые и травяные	7,78	819
- точного высева (свекловичные)	10,0	364
-кукурузные	6,67	480
- рисовые	14,17	960
- туковые	3,33	1680
Картофелесажалки	8,57	490
Комбинированные агрегаты для предпосевной обработки почвы с одновременным посевом зерновых	7,37	665

Окончание приложения 15

1	2	3
Комбинированные агрегаты для основной обработки почвы	10,53	665
Комбайны		
-зерноуборочные	2,43	2548
- картофелеуборочные	6,67	1260
- кукурузоуборочные	12,00	800
- силосоуборочные	8,00	1200
Жатки зерновые и зернобобовые	10,58	774
Косилки тракторные	4,38	1120
Грабли тракторные	5,74	732
Волокуши		
- тросовые	5,19	810
- толкающие	3,89	1080
Пресс-подборщики	5,83	720
Жатки рядковые	12,00	525
Косилки тракторные	4,67	750
Протравливатели семян	3,67	1500
Опрыскиватели по борьбе с вредителями и болезнями		
- полевых культур	9,17	600
- садов	4,40	1250
Универсальные опрыскиватели	3,44	1600
Машины для химической защиты	8,80	750
Машины для внесения удобрений		
- минеральных	16,00	375
- органических	4,00	1250
Зернопогрузчики	1,50	1400
Погрузчики универсальные	1,67	4200

Рекомендуемая литература

1. Апаликов, А. И. Эксплуатация и ремонт технологического оборудования топливозаправочных комплексов и нефтескладов : учебное пособие / А. И. Апаликов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 124 с.
2. Бортников, С. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие / С. П. Бортников. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 74 с.
3. Веревкин, Н. И. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей : учеб. пособие / Н. И. Веревкин, А. Н. Новиков, Н. А. Давыдов [и др.]. – М. : Академия, 2012. – 400 с.
4. Курочкин, И.М. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие / И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 200 с. http://window.edu.ru/resource/156/80156/files/kurochkin.pdf
5. Попов, И.В. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. / И.В. Попов, А.А. Петров, А.Н. Кондрашов – Оренбург: Издетельский центр ОГАУ, 2012 – 288 с. http://rucont.ru/efd/278231
6. Технологическое оборудование и производственно-техническая инфраструктура предприятий : практикум / Д.С. Сазонов, М.П. Ерзамаев, В.М. Янзин, С.А Кузнецов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2017. – 116 с. https://rucont.ru/efd/603112
7. Фаскиев, Р.С. Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования : учеб. пособие / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко, Е.Г. Кеян, Р.Х. Хасанов. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2011. – 261 с. http://rucont.ru/efd/193391
8. Хабардин, В. Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие. – Иркутск : ИрГСХА, 2011. – 265 с. http://ebs.rgazu.ru/?q=node/2657

Оглавление

Предисловие 3

Занятие 1. Анализ тяговых свойств трактора 4

Занятие 2. Расчет состава агрегата 8

Занятие 3. Разработка операционно-технологической карты 12

Занятие 4. Расчет эксплуатационных затрат 19

Занятие 5. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание топливораздаточной колонки НАРА-27М1 21

Занятие 6. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание балансировочного станка «Мастер» 32

Занятие 7. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание анализатора герметичности цилиндров АГЦ-2 43

Занятие 8. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание подъемника двухстоечного П-97МК 50

Занятие 9. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание комплекта Э203 для проверки свечей зажигания 57

Занятие 10. Виды эксплуатационных документов 64

Приложения 69

Рекомендуемая литература 86

Учебное издание

Сазонов Дмитрий Сергеевич
Ерзамаев Максим Павлович
Кузнецов Сергей Александрович
Янзин Владимир Михайлович

Основы эксплуатации машин и технологического оборудования

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 19.02.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,1; печ. л. 5,5.
Тираж 50. Заказ № 36.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов, Н. А. Харыбина

Эксплуатация машинно-тракторного парка

Методические указания для лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 631.37 (07)
ББК 40.72
Е69

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Ерзамаев, М. П.

Е69 Эксплуатация машинно-тракторного парка : методические указания / М. П. Ерзамаев, Д. С. Сазонов, Н. А. Харыбина. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 44 с.

Методические указания содержат описание лабораторных работ, охватывающих основные разделы курсов «Эксплуатация машинно-тракторного парка». Основное внимание уделено вопросам диагностирования технического состояния элементов двигателя внутреннего сгорания, силовых агрегатов.

Учебное издание предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С., Харыбина Н. А., 2023

Предисловие

Главным звеном инженерно-технической службы является служба эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП), которая должна решать задачи выбора интенсивных и высоких технологий возделывания сельскохозяйственных культур, рационального комплектования машинно-тракторных агрегатов (МТА) и выбора оптимального режима их работы, обоснования оптимального состава МТП, разработки операционных планов использования МТП и поддержания его в исправном состоянии.

Показатели использования МТП зависят от профессиональной подготовки инженерно-технологического персонала.

Методические указания содержит описание лабораторных работ, охватывающих основные разделы курса «Эксплуатация машинно-тракторного парка». Основное внимание уделено вопросам диагностирования технического состояния элементов двигателя внутреннего сгорания, силовых агрегатов.

Представленный в методических указаниях материал разработан в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и требованиями к результатам освоения основной образовательной программы.

Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ

При выполнении лабораторных и практических работ студент должен знать и строго выполнять следующие основные правила техники безопасности.

Во время занятий следует находиться только на своем рабочем месте. Не допускается самовольный переход с одного места на другое.

При выполнении работ используются только размерные ключи и исправный инструмент. Не следует применять инструменты с неисправной или неправильно заправленной рабочей частью, со сломанными или плохо насаженными рукоятками.

Перед пуском двигателя проверяют заправку охлаждающей жидкостью, маслом и топливом. Запрещается запуск двигателя при наличии течи топлива, масла, охлаждающей жидкости и других специальных жидкостей. Посторонние предметы, находящиеся на двигателе или рядом с ним, должны быть устранены.

Пуск двигателя производится лишь при подключении к выхлопной трубе устройства для отвода отработавших газов и вентиляции помещения.

Не разрешается находиться вблизи вращающихся валов, маховиков, других деталей, а также в плоскости их вращения. Запрещается производить регулировочные работы на работающем двигателе, стенде, установке, прикасаться к выхлопным коллекторам и газоотводным трубам.

При техническом обслуживании (ТО) и ремонте узлов топливной аппаратуры используются специальные приспособления и приборы под вытяжным зонтом при включенной системе вентиляции. При продувке узлов сжатым воздухом струю направляют от себя.

В лаборатории запрещается пользоваться открытым огнем. При возникновении пожара следует немедленно поставить в известность преподавателя и принять все меры к тушению имеющимися средствами.

Выполнение данных правил является обязательным для каждого студента. Студенты, не прошедшие инструктаж по технике безопасности, к занятиям не допускаются.

Лабораторная работа №1
Определение мощности двигателя трактора прибором ИМД-Ц

Цель работы: изучить методику определения мощностных показателей двигателя. Ознакомиться с конструкцией прибора для измерения мощности и приобрести базовые навыки его эксплуатации.

Оборудование и материалы: трактор МТЗ, прибор ИМД-Ц, комплект оборудования, подставка для прибора, обтирочный материал.

В процессе эксплуатации тракторов мощность двигателей снижается, ухудшается равномерность ее распределения по отдельным цилиндрам. Расход топлива увеличивается, снижается его экономичность. Поэтому при ТО-3 необходимо определить мощность трактора. Метод основан на определении мощностных показателей дизелей по параметрам переходных процессов, в частности по изменению частоты вращения коленчатого вала при полном или частичном разгоне (или выбеге). Разгон рекомендуется применять для определения эффективной мощности, а полный и частичный выбег – для определения полной индикаторной мощности дизеля, мощности каждого цилиндра в отдельности и механического КПД.

Оба метода основаны на анализе переходных процессов, возникающих в дизеле при резком увеличении или выключении подачи топлива.

Прибор ИМД-Ц предназначен для технического диагностирования наиболее распространенных марок тракторных двигателей.

При техническом диагностировании двигателей ИМД-Ц позволят измерять:

- частоту вращения коленчатого вала двигателя;
- угловое ускорение коленчатого вала двигателя в процессе свободного разгона или полного выбега;
- напряжение электрооборудования трактора.

Прибор может быть использован для оценки:

- эффективной мощности двигателя;
- эффективной мощности двигателя для отключения части цилиндров;
- условной мощности механических потерь;
- крутящего момента на режиме номинальной мощности.

Основные технические данные прибора ИМД-Ц: диапазон измерения частоты вращения коленчатого вала 100-5000 мин $^{-1}$; диапазон измерения углового ускорения 30-300 с$^{-2}$; диапазон измерения напряжения 5…30 В. Питание от внешнего источника тока напряжением 10…13,5 В, потребляемая мощность не более 5 Вт, масса прибора 2,5 кг, точность измерения мощности 2,5 %. Прибор ИМД-Ц входит в состав диагностического комплекта КИ-13919А, а также в передвижные диагностические установки и используется при плановом и заявочном техническом обслуживании тракторов.

Подготовка трактора и прибора к работе:

1) подготовить в картере маховика напротив зубчатого венца отверстие М 16×1,5 для установки первичного преобразователя частоты вращения;

2) отключить вспомогательные механизмы и гидронасосы трактора;

3) при работе от преобразователя КИ-13941 нажать клавишу «ВОМ». Она должна быть в нажатом положении при всех калибровках и измерениях;

4) завернуть индуктивный первичный преобразователь до упора в зубчатый венец маховика и отвернуть на полтора оборота. Затянуть контргайку. Операцию выполняют на неработающем двигателе. Подключить шнур питания устройства к розетке трактора; поворотом ручки «Вкл.» по часовой стрелке включить питание. Если индикаторные лампы не светятся, поменять местами штекеры шнура питания в розетке трактора.

На рисунке 1 приведена блок-схема прибора ИМД-Ц.

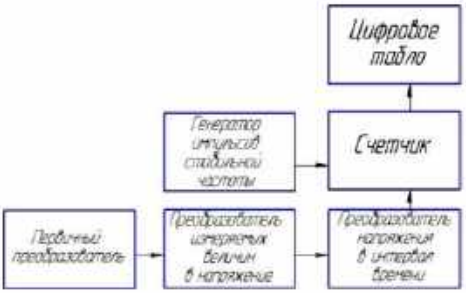


Рис.1. Электрическая структурная схема блока измерения мощности прибора ИМД-Ц

Общий вид прибора представлен на рисунке 2.

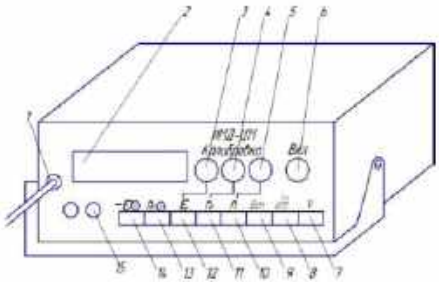


Рис. 2. Устройство ИМД-Ц:

1 – шнур питания; *2* – индикаторное табло; *3* – ручка установки калибровочного значения по ускорению «Калибровка ускорения»; *4* – ручка настройки устройства на частоту вращения, при которой измеряется ускорение «Калибровка уровня фиксации»; *5* – ручка установки калибровочного значения по частоте вращения «Калибровка по частоте вращения»; *6* – ручка включения устройства «Вкл.» и регулировки времени индикации; *7* – клавиша «Измерение напряжения V»; *8* – клавиша «Число цилиндров $\frac{1-4}{6-12}$»; *9* – клавиша «Работа от преобразователя КИ-13941 ГОСНИТИ «ВОМ»; *10* – клавиша «Калибровка частоты вращения *n*»;

11 – «Калибровка уровня фиксации n_ε»; *12* – клавиша «Калибровка ускорения ε»; *13* – клавиша «Измерение частоты вращения – ускорения n_ε »; *14* – клавиша «Измерение отрицательного ускорения ε»; *15* – гнезда «Вход»

Подготовка трактора и прибора к работе:

1) подготовить в картере маховика напротив зубчатого венца отверстие М 16×1,5 для установки первичного преобразователя частоты вращения;

2) отключить вспомогательные механизмы и гидронасосы трактора;

3) при работе от преобразователя КИ-13941 нажать клавишу «ВОМ». Она должна быть в нажатом положении при всех калибровках и измерениях;

4) завернуть индуктивный первичный преобразователь до упора в зубчатый венец маховика и отвернуть на полтора оборота. Затянуть контргайку. Операцию выполняют на неработающем двигателе. Подключить шнур питания устройства к розетке трактора; поворотом ручки «Вкл.» по часовой стрелке включить питание. Если индикаторные лампы не светятся, поменять местами штекеры шнура питания в розетке трактора.

Калибровка устройства:

1. Откалибруйте устройство по частоте вращения:

– нажмите клавишу «*n*». Все остальные клавиши должны быть отжаты;

– вращая ручку потенциометра «Калибровка n», установите на шифровом табло устройства калибровочное значение для данной марки дизеля (табл. 1). Калибровочное значение устанавливайте с погрешностью не более ± 5 единиц;

– повторным нажатием возвратите клавишу «*n*» в исходное (отжатое) состояние.

2. Откалибруйте устройство по ускорению:

– нажмите клавишу «ε». Все остальные клавиши должны быть отжаты;

– вращая ручку потенциометра «ε», установите на цифровом табло калибровочное значение 327,2±0,5. Калибровочное значение 327,2 – величина постоянная для дизелей всех марок;

– повторным нажатием возвратите клавишу «ε» в исходное (отжатое) положение.

Настройка устройства на частоту вращения, при которой измеряется ускорение:

Настройте устройство на частоту вращения, при которой изменяется ускорение:

– нажмите клавишу «*n*ε» (все остальные клавиши должны быть отжаты);

– вращая ручку потенциометра «*n*ε», установите на цифровом табло значение, приведенное в графе 6 таблицы 1 (при измерении ускорения в области номинальной частоты вращения) или в графе 7 таблицы 1 (при измерении ускорения в области максимального крутящего момента);

– повторным нажатием верните клавишу «*nε*» в исходное положение.

Таблица 1

Калибровочные значения устройства

№	Тракторы	Дизели	Калибровочное значение устройства по частоте вращения	Калибровочное значение устройства	Значение частоты вращения, на которую настраивается устройство для измерения ускорения	
					В области номинальной частоты вращения	В области максимального крутящего момента
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
1	К-701	ЯМЗ-240Б	1630		1800	1300
2	К-700А	ЯМЗ-238НБ	1630		1600	1300
3	К-700	ЯМЗ-238НБ	1630		1600	1300
4	Т-150	СМД-62	1673		2000	1650
5	ДТ-75М	А-41	1802		1650	1200
6	МТЗ-80(82)	Д-240	1302	327,2	2100	1550
7	МТЗ 80Л(82Л)	Д-240Л	1562		2100	1550
8	ЮМЗ-6Л	Д-65Н	1420		1650	1200
9	Т-4А	А-01М	1704		1600	1200
10	Т-40М	Д-144	1387		1900	1400
11	ДТ-75	СМД-14	1875		1600	1200

Измерение частоты вращения коленчатого вала дизеля. Подготовить двигатель и аппаратуру к измерению. Запустить и прогреть двигатель до температуры охлаждающей жидкости и масла (70…90°С).

На цифровом табло прибора при нахождении всех клавиш в исходном положении будет отражаться значение частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Вращением ручки потенциометра «Вкл.» установить необходимое время индикации результатов измерения на цифровом табло.

Установить максимальную подачу топлива, измерить максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и сравнить с допустимым значением (табл. 2). При необходимости отрегулировать всережимный регулятор по максимальной частоте вращения. Установить среднюю частоту вращения вала двигателя

Таблица 2

Данные по дизелям и эталонные значения

№	Тракторы	Дизели	Номинальная мощность дизеля, кВт	Номинальная частота вращения, об/мин
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	К-701	ЯМЗ-240Б	$198{,}6^{+13{,}9}_{-10{,}2}$	1900±40
2	К-700А	ЯМЗ-238НБ	158^{+11}_{-8}	1700^{+50}_{-20}
3	К-700	ЯМЗ-238НБ	158^{+11}_{-8}	1700^{+50}_{-20}
4	Т-150	СМД-62	$121^{+8{,}5}_{-6{,}0}$	2100±40
5	ДТ-75М	А-41	$66{,}2^{+4{,}6}_{-3{,}3}$	1750±35
6	МТЗ-80(82)	Д-240	$58{,}8^{+4{,}1}_{-2{,}9}$	2200±45
7	МТЗ-80Л(82Л)	Д-240Л	$58{,}8^{+4{,}1}_{-2{,}9}$	2200±45
8	ЮМЗ-6Л	Д-65Н	$44{,}1^{+2{,}9}_{-2{,}2}$	1750±35
9	МТЗ-50(52)	Д-50	$40{,}5^{+2{,}7}_{-2{,}1}$	1750±35
10	МТЗ-50Л(52Л)	Д-50Л	$40{,}5^{+2{,}7}_{-2{,}1}$	1750±35
11	Т-4А	А-01М	98^{+7}_{-5}	1700±30
12	Т-40М	Д-144	$46{,}5^{+3}_{-2}$	2000±40
13	ДТ-75	СМД-14	$55{,}2^{+4}_{-3}$	1700^{+70}_{-30}
14	Т-74	СМД-14А	$55{,}2^{+4}_{-3}$	1700^{+70}_{-30}

Продолжение таблицы 2

№	Максимальная частота вращения холостого хода, об/мин	Частота вращения при максимальном крутящем моменте, об/мин	Эталонные значения угловых ускорений, $с^2$		
			Свободного разгона		Полного выбега в области номинальной частоты вращения
			В области номинальной частоты вращения	В области максимального крутящего момента	
1	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*
15	2050±50	1300	273^{+19}_{-14}	236^{+22}_{-16}	96±24
16	1900±50	1300	168^{+12}_{-8}	178^{+12}_{-9}	71±19
17	1900±50	1300	181^{+14}_{-9}	190^{+15}_{-9}	74±20
18	2260^{+65}_{-70}	1650	$116^{+8,0}_{-6,0}$	$130^{+9}_{-6,5}$	42±11
19	1865^{+75}_{-40}	1200	167^{+12}_{-8}	177^{+12}_{-9}	55±14
20	2320^{+80}_{-75}	1560	180^{+12}_{-9}	200^{+14}_{-10}	75±19
21	2320^{+80}_{-75}	1560	180^{+12}_{-9}	200^{+14}_{-10}	75±19
22	1865^{+75}_{-40}	1200	132^{+9}_{-6}	142^{+10}_{-7}	48±12
23	1810^{+70}_{-30}	1200	172^{+12}_{-9}	185^{+13}_{-19}	75±19
24	1810^{+70}_{-30}	1200	172^{+12}_{-9}	185^{+13}_{-19}	75±19
25	1810^{+70}_{-30}	1200	119^{+8}_{-6}	130^{+8}_{-6}	35±9
26	2140^{+65}_{-30}	1400	182^{+12}_{-9}	213^{+14}_{-10}	56±14
27	1810^{+70}_{-30}	1200	125^{+9}_{-6}	140^{+10}_{-7}	41±10
28	1810^{+70}_{-30}	1200	160^{+11}_{-8}	179^{+12}_{-9}	53±13

Измерение ускорений разгона и выбега. Оценка эффективной мощности:

1. Подготовить трактор и устройство к работе. Пустить дизель и прогреть до температуры воды и масла 70…90 °С.

2. Установить клавишу числа цилиндров «$\frac{1-4}{6-12}$» в положение, соответствующие числу работающих цилиндров.

3. При числе работающих цилиндров 1–4 клавиша должна находиться в исходном положении, а при числе 6–12 нажата. Нажмите кнопку « $\frac{\varepsilon}{n}$ ».

4. Установить максимальную частоту вращения двигателя.

5. Резко выключить подачу топлива и по достижению минимальной частоты вращения мгновенно перевести рычаг топливо-подачи в положение максимальной подачи. Не меняя положения рычага топливоподачи, записать показания цифрового табло.

6. Повторить операции 6-7 не менее трех раз и найдите среднее значение углового ускорения разгона. Если при измерениях тепловой режим дизеля отличался от паспортного (70-90 °С), произведите корректировку полученного значения по графику (рис. 3). Пунктирными линиями показан пример определения поправки углового ускорения Δε при измеренном значении εизм. = 170 $с^{-2}$ и температуре воды 25 °С. Приведенное значение углового ускорения в этом случае равно εпр = εизм + Δε = 170 + 7 = 177 $с^{-2}$.

7. Сравнить полученное значение с допустимым (табл. 2). При отклонении полученного значения углового ускорения от допустимого, произвести поиск неисправностей.

8. Оценить с помощью графиков рисунка 4 эффективную мощность дизеля. При недостатке мощности в первую очередь проверить и при необходимости отрегулировать зазоры клапанов газораспределителя, форсунки и угол опережения подачи топлива.

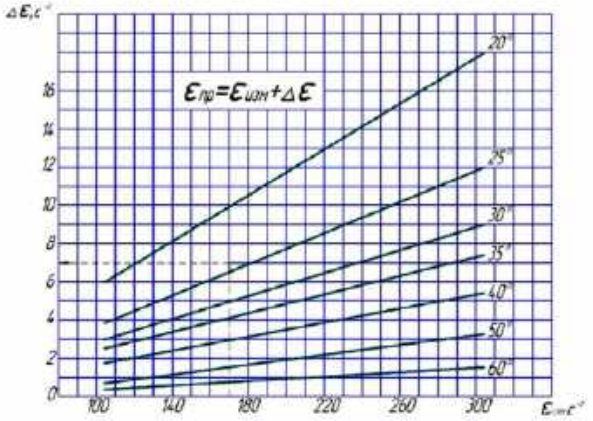


Рис. 3. График корректировки ускорений по температуре двигателя

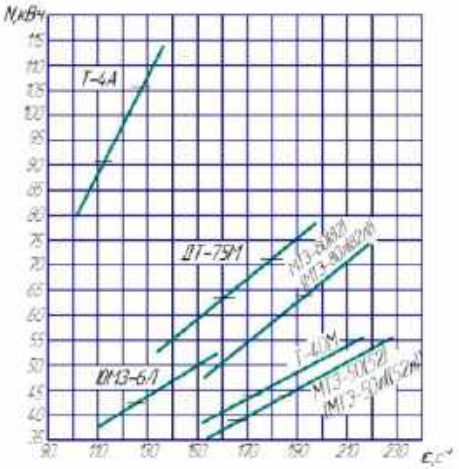


Рис. 4. Номограмма перевода ускорения в мощность

Задание. Изучите методику проведения измерений мощности прибором ИМД-Ц. Проведите измерения мощности двигателя в целом и его отдельных цилиндров.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение прибора ИМД-Ц?
2. Какие операции необходимо провести для подготовки трактора и прибора к измерениям?
3. Как провести калибровку прибора?
4. Как измерить частоту вращения коленчатого вала дизеля?
5. Как измерить ускорения разгона и выбега?

Лабораторная работа №2
Определение технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя

Цель работы: изучить метод диагностирования двигателя и освоить практические приёмы диагностирования.

Оборудование и материалы: прибор модели К-69М для определения технического состояния цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей.

Признаками неудовлетворительной работы цилиндро-поршневой группы (ЦПГ) являются усиленный угар картерного масла и прорыв в картер большого количества рабочих газов. О чрезмерном угаре масла судят по его

расходу, выраженному в процентах к расходу топлива, а также по наличию в отработавших газах синего дыма и частиц несгоревшего масла, выбрасываемого в выпускную трубу. В результате прорыва газов из отверстия сапуна выходит большое количество дыма.

Техническое состояние цилиндропоршневой группы двигателя без разборки проверяют прибором, работа которого основана на измерении утечки воздуха, подаваемого под давлением в цилиндр неработающего двигателя через отверстие для форсунки или свечи зажигания.

Прибор для определения технического состояния ЦПГ автотракторных двигателей, модель К-69М, предназначен для применения в автотракторных предприятиях, на станциях технического обслуживания, в сельских мастерских и др. при определении технического состояния цилиндров, поршневых колец, клапанов и прокладки головки блока двигателей с диаметром цилиндров от 50 до 130 мм.

Работа прибора основана на оценке утечки давления воздуха, вводимого внутрь цилиндра через отверстия для свечей зажигания или форсунок при неработающем двигателе.

Сжатый воздух из воздушной магистрали от компрессора через штуцер *5* (рис. 5) подается в коллектор *7* под давлением 0,3-0,6 МПа. Затем воздух поступает либо к прибору *14* (вентиль *4* закрыт) при открытом вентиле *6*, либо непосредственно через гибкий шланг *2* к наконечнику *1*, устанавливаемому в отверстии для свечи или форсунки, когда вентиль *4* открыт (вентиль *6* закрыт).

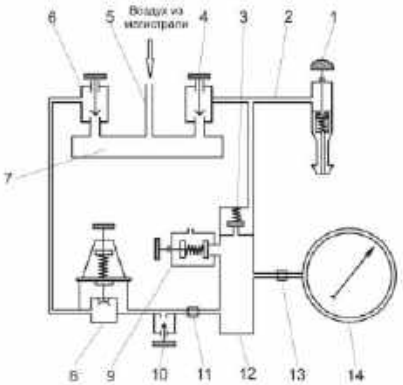


Рис. 5. Схема прибора К-69М:

1 – наконечник; 2 – гибкий шланг; 3 – обратный клапан; 4 – вентиль контура высокого давления; 5 – штуцер подвода воздуха из магистрали; 6 – вентиль контура низкого давления; 7 – коллектор; 8 – редуктор; 9 – предохранительный клапан; 10 – регулировочная игла; 11, 13 – калиброванное отверстие; 12 – воздушная камера; 14 – манометр

Сжатый воздух под давлением 0,3-0,6 МПа, минуя вентиль *6*, поступает в редуктор *8*. После понижения давления в редукторе до 0,2 МПа, воздух проходит через калиброванное отверстие *11*, камеру *12* с обратным клапаном *9* и поступает через соединительный шланг *2* в наконечник *1* и затем в цилиндр двигателя. Перед измерением редуктор *8* регулируют на рабочее давление 0,2 МПа, а при помощи регулировочной иглы *11* тарируют показания манометра *14*. При полной герметичности обследуемого цилиндра давление воздуха в воздушной камере *12* будет равно давлению воздуха за редуктором, которое и покажет манометр. Наличие в цилиндре неплотностей площадью F_H вызывает утечку из него воздуха и уменьшение давления в камере *12*, которое также будет регистрироваться манометром *14*.

Для удобства пользования прибором по манометру *14* определяют не давление, а относительную утечку воздуха q в процентах по отношению к максимальному значению утечки:

$$q = \frac{Q_H \times 100}{Q_{MAX}}, \%, \qquad (1)$$

где Q_H – количество воздуха, протекающего через неплотности в цилиндре; Q_{MAX} – максимальное количество воздуха, вытекающее из воздушной камеры при условии, что площадь неплотностей в цилиндре F_H равна площади сечения калиброванного отверстия *11* (рис. 5).

Если $F_H = 0$, очевидно, и $Q_H = 0$. Следовательно, при полной герметичности ($F_H = 0$) стрелка манометра *14* будет показывать максимальное давление, которое по шкале манометра принимается за нуль утечек. При полной утечке воздуха из цилиндра, соответствующей условию $Q_H = Q_{MAX}$, давление по манометру будет минимальным, что соответствует 100% утечек. Таким образом, шкала манометра проградуирована в процентах утечки (рис. 6).

Подготовка двигателя. Перед определением технического состояния цилиндропоршневой группы необходимо выполнить внешний осмотр и ослушивание двигателя:

1. Осмотреть двигатель снаружи, обращая внимание на следы течи охлаждающей жидкости, масла, топлива.

2. Проверить легкость пуска двигателя, устойчивость работы на минимальной частоте вращения холостого хода, приемистость, бесперебойность и равномерность работы.

3. Проверить давление масла в системе:

– для бензиновых двигателей давление должно быть не ниже 0,1 МПа;

– для дизелей – не ниже 0,2 МПа.

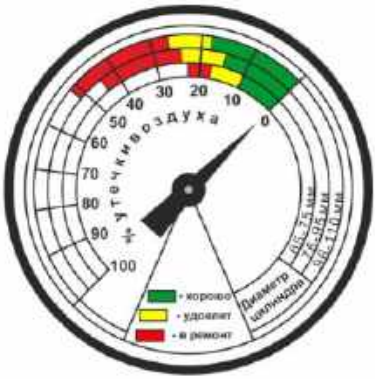


Рис. 6. Шкала измерительного прибора К-69М

4. Убедиться в отсутствии подтекания масла из-под крышек клапанной коробки, поддона картера и через сальники коленчатого вала при работе двигателя на средних частотах.

5. Проверить уровень масла в двигателе.

Результаты обследования занести в отчетный лист.

После прогрева двигателя до нормального теплового состояния (75…85°С) у бензинового двигателя вывернуть все свечи, а у дизеля отсоединить топливные трубки, гайки крепления и извлечь форсунки.

Подготовка прибора. Присоединить вакуумметр к системе впускного трубопровода. Откройте подачу сжатого воздуха (0,3…0,6 МПа) из воздушной магистрали, связанной с воздушным компрессором. Соединить с помощью быстросъемной муфты шланг воздушной магистрали с входным штуцером прибора. Вращая рукоятку редуктора, установить стрелку измерительного манометра на нулевую отметку, что соответствует давлению 0,2 МПа.

Установить на быстросъемную муфту тарировочный штуцер из комплекта принадлежностей и сверить показания манометра с величиной, указанной в паспорте.

Если показания манометра совпадают с величиной, указанной в паспорте прибора, с допуском ±1% – прибор готов к работе.

Затем подобрать кольцевую шкалу, соответствующую типу и размерности двигателя, и штуцер-наконечник для подвода воздуха в цилиндр двигателя.

На резьбовой конец штуцера надеть резиновый наконечник соответствующего размера.

Проверка двигателя. Вставить в отверстие свечи первого цилиндра сигнализатор. Поворотом коленчатого вала подвести поршень в верхнюю

мертвую точку (ВМТ). Конец такта сжатия определяется по прекращению звукового сигнала и совпадению соответствующих установочных меток.

Отметить в удобном месте на шкиве коленчатого вала мелом положение первого цилиндра в ВМТ. Зафиксировать от проворачивания коленчатый вал двигателя, вставить наконечник в свечное отверстие, прижать и удерживать его в этом положении. Как только стрелка манометра остановится, провести отсчет показаний и результаты занести в протокол.

Предельные значения утечек показаны в таблице 3. В случае получения значений утечек больше предельно допустимых, следует уточнить состояние ЦПГ при положении поршня в начале такта сжатия. При обнаружении неплотностей в ЦПГ утечку воздуха следует определить в зонах по таблице 3.

Для установки поршня в положение начала такта сжатия (около 900 до ВМТ) необходимо вынуть наконечник из свечного отверстия и растормозить двигатель. Вращая коленчатый вал двигателя, установить сделанную мелом метку на шкиве за 900 до ВМТ и вновь зафиксировать коленчатый вал. Соединить прибор с двигателем.

Состояние цилиндра в этом случае характеризует разность утечки воздуха при положении поршня в конце такта сжатия ВМТ и в начале такта сжатия. Если эта разность больше величины, указанной в таблице, цилиндры требуют капитального ремонта. По величине утечки воздуха при положении поршня в начале такта сжатия можно также судить о состоянии поршневых колец и клапанов.

Для более точного определения мест утечек следует в цилиндры двигателя подать воздух повышенного давления. Для этого необходимо отсоединить прибор от двигателя. Установить давление на входе в прибор не выше 0,45 МПа и соединить шланг воздушной магистрали непосредственно с наконечником, минуя манометр прибора (вентиль *6* закрыт, вентиль *4* открыт). В этом случае благодаря более высокому давлению точнее прослушиваются утечки через разного рода неплотности:

1. Если негодны поршневые кольца, то сильный шум прорывающегося воздуха ясно слышен через маслоналивную горловину.

2. Если негодны клапаны, то слышится шум либо во впускном коллекторе (впускные клапаны), либо в выпускном коллекторе (выпускные клапаны).

Таблица 3

Максимально допустимые величины утечки воздуха
в узлах цилиндропоршневой группы

Объект проверки	Показатели	Карбюраторные двигатели			Дизельные двигатели	
		Диаметр цилиндров				
		51-75 мм	75-100 мм	101-130 мм	75-100 мм	101-130 мм
Цилиндры	$У_2$	Цилиндры негодны, требуют ремонта				
	$У_2$-$У_1$	Более 16%	Более 28%	Более 50%	Более 45%	Более 52%
		Более 12%	Более 20%	Более 30%		Более 30%
Поршневые кольца и клапаны	$У_1$	Негодны поршневые кольца и клапаны				
		Более 8%	Более 14%	Более 23%	Более 24%	Более 29%
		Негодны поршневые кольца или клапаны (определение неисправностей производится при помощи индикатора утечки воздуха)				
		Более 4%	Более 8%	Более 14%	Более 18%	
Прокладка головки блока	Утечка воздуха	Прокладки негодны, если пузырьки прорываются в горловину радиатора или в стык между головкой и блоком, а также, если слышится прорыв воздуха в соседний цилиндр				

3. Если показания прибора нестабильны, т.е. разные при двух замерах при одном и том же положении поршня, а величина утечки воздуха значительная, то возможна одна из следующих неисправностей двигателя:

– «зависание» клапанов (шум во впускном или в выпускном коллекторах);

– поломка или пригорание колец (шум из маслоналивной горловины);

– прогорание прокладки блока (при этом наблюдается обильное появление пузырей воздуха в зоне прокладки головки блока или в заливной горловине радиатора, а также слышен сильный шум воздуха, протекающего в смежный цилиндр при прогорании перемычки прокладки между цилиндрами).

Определение технического состояния остальных цилиндров проводится аналогично вышеизложенному. При этом установка поршня в начале и в конце такта сжатия проводится согласно порядку работы цилиндров двигателя (табл. 4).

Таблица 4

Проверка утечки воздуха через клапаны двигателя

№ проверяемого цилиндра	Клапаны									
	Выпускной	Впускной	Выпускной	Впускной	Выпускной	Впускной	Выпускной	Впускной	Выпускной	Впускной
	1-5-4-2-6-3-7-8		1-4-2-5-3-6		1-5-3-6-2-4		1-2-4-3		1-3-4-2	
	Номер цилиндра, в котором проверяется утечка воздуха через отверстия свечи или форсунки									
1	3	2	3	2	2	3	4	2	4	3
2	1	7	1	3	3	1	3	4	3	1
3	4	1	2	1	1	2	2	1	2	4
4	8	3	6	5	6	5	1	3	1	2
5	7	6	4	6	4	6	-	-	-	-
6	5	8	5	4	5	4	-	-	-	-
7	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-
8	6	4	-	-	-	-	-	-	-	-

Определение компрессии в цилиндрах дизельных двигателей.

1. Прогреть дизель до номинального температурного режима.

2. Снять форсунки с двигателя и расположить их по порядку снятия с цилиндров, предварительно проверив тепловой зазор в клапанах газораспределения.

3. Собрать компрессометр из составных частей. Компрессометр установить в форсуночное отверстие головки цилиндров вместо снятой форсунки.

4. Открыть выпускной клапан и прокрутить дизель на пусковых оборотах с помощью пускового устройства, предварительно полностью отключить подачу топлива.

5. Убедиться в нормальной частоте прокручивания коленчатого вала, закрыть выпускной клапан компрессометра. Как только стрелка манометра достигнет максимального значения, остановить двигатель, записать показания манометра и открыть выпускной клапан. Замеры провести с трёхкратной повторностью и вычислить среднее значение компрессии.

6. Сравнить измеренную величину компрессии в цилиндрне с данными (табл.5). если величина компрессии в цилиндрах по формуле

$$\text{Н} = [(P_{max} - P_{min})/(P_{max} + P_{min})] \cdot 100\%, \quad (2)$$

где P_{max} – наибольшая компрессия в цилиндрах дизеля, кг/см^2;
P_{min} - наименьшая компрессия в цилиндрах дизеля, кг/см^2.

Неравномерность компрессии в цилиндрах дизеля допускается 8%.

7. Если величина компрессии в цилиндре больше допустимого значения или равна предельному, или неравномерность компрессии более 8%, необходимо определить причину неисправности. Для этого снять компрессометр с форсуночного отверстия и залить в форсуночное отверстие 100г моторного масла. Установить вновь компрессометр в форсуночное отверстие и проверить компрессию в цилиндре. Если она не изменилась, то причиной неисправности является износ клапанов газораспределения (фаска – гнездо клапана), если компрессия увеличилась, то имеет место износ цилиндропоршневой группы.

8. Если компрессия в цилиндре дизеля находится в предельном состоянии, то дизель требует текущего ремонта.

9. После окончания работ по измерению компрессии снять компрессометр, протереть ветошью его составные части и уложить в футляр. Форсунки установить на дизель.

Таблица 5

Нормативные значения компрессии для основных марки дизелей

Марка дизеля	Компрессия, кгс/см^2		
	номинальная	допускаемая	предельная
ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-238НБ, ЯМЗ-236, А-41М, А-01М, Д-108, КамАЗ-7410, 7403-10, 740.10-20	28-30	24	20
Д-240, Д-245, Д-144, Д-65Н, Д-260	27-28	23	17
СМД-60, СМД-62, СМД-72	29-30	25	21

Задание. Определите техническое состояние цилиндропоршневой группы двигателя, неплотности (утечки) в цилиндрах двигателя, клапанах, под прокладкой. Заполните протокол (табл. 6) и дайте общую оценку техническому состоянию двигателя и отдельным элементам.

Таблица 6

Протокол диагностики двигателя

Цилиндры	Показания прибора		Разность $У_2$-$У_1$	Характер утечки			
				Клапаны		Поршневые кольца	Прокладка головки блока
	$У_1$	$У_2$		выпускной	впускной		
1							
2							
3							
4							

и т. д.							

Контрольные вопросы

1. Назовите виды утечек из цилиндропоршневой группы.
2. Как определить неисправность выпускного клапана?
3. Как проверить исправность прибора К-69М?
4. Как проверить неисправность цилиндра?
5. Как проверить неисправность поршневых колец?

Лабораторная работа №3
Определение технического состояния агрегатов гидравлической системы трактора

Цель работы: изучить методы безразборной проверки технического состояния гидросистемы трактора.

Оборудование и материалы: трактор МТЗ-80, дроссель-расходомер ДР-70 (КИ-5473), метровая линейка, секундомер, манометр с переходным штуцером, приспособление для определения состояния основного фильтра гидросистемы тракторов КИ-4798А.

В процессе работы гидросистемы вследствие изнашивания узлов и сопряжений и нарушения герметичности уплотнений изменяются показатели, характеризующие работу ее основных агрегатов – насоса, распределителя, силовых цилиндров.

К основным эксплуатационным показателям гидравлической системы относятся следующие: время подъема и опускания навесной машины или орудия, величина транспортной усадки поршня силового цилиндра, надежность работы механизмов управления системой и расход рабочей жидкости. Эти показатели зависят от производительности насоса, состояния распределителей, степени изношенности уплотнения силового цилиндра, герметичности системы и других факторов.

Проверка герметичности гидросистемы. Необходимо включить насос, завести двигатель, повернуть рукоятку распределителя в положение «Подъем» и задержать ее на одну минуту. Затем нужно осмотреть все соединения маслопроводов и места возможных утечек в насосе, распределителе и силовом цилиндре. Подтянуть соединительные устройства и вторично проверить, есть ли утечки. Если устранить утечки подтяжкой соединительных устройств не удается, то нужно заменить уплотнительные кольца.

Проверка технического состояния насоса гидросистемы трактора с помощью дросселя-расходомера. С помощью дросселя-расходомера ДР-

70 проверяется насос, распределитель и силовой цилиндр.

Дроссель-расходомер (рис. 7) состоит из: корпуса *1*, рукоятки *6*, дросселя с лимбом *7* и шкалой расходов, демпфера *13* и манометра *11*. Внутри корпуса установлена гильза *2* с дросселирующей щелью длиной 10 мм и шириной 1,8 мм, которая заканчивается отверстием диаметром 4 мм. Торец плунжера *3* выполнен в виде спирали с шагом 14 мм. При вращении рукоятки *6* дросселя сначала отверстие щели диаметром 4 мм, а затем сама щель в гильзе постепенно перекрываются, поэтому в нагнетательной магистрали плавно нарастает давление. Величину его отмечают по манометру *11*. Стержнем *4* рукоятка дросселя соединена с плунжером и лимбом, на котором нанесена шкала расходов масла (л/мин), протекающего через проходное сечение щели гильзы при давлении 100 кг с/см^2 и температуре 50±5°С. Для замера расхода масла рукоятку устанавливают в такое положение, чтобы давление по манометру было равно 100 кгс/см^2. Тогда стрелка покажет расход масла.

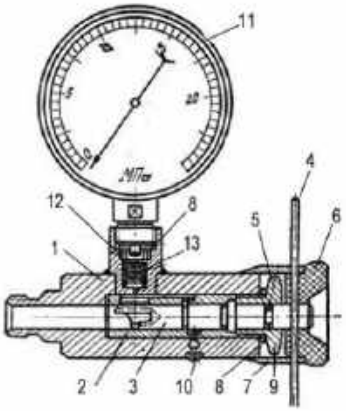


Рис. 7. Схема дроссель-расходомера ДР-70:
1 – корпус; 2 – гильза; 3 – плунжер; 4 – стержень; 5 – уплотнительное кольцо; 6 – рукоятка дросселя; 7 – лимб; 8 – уплотнительная прокладка; 9 – упорная гайка; 10 – установочный винт; 11 – манометр; 12 – гайка; 13 – демпфер

Дроссель-расходомер с помощью переходных штуцеров и шлангов подключается к нагнетательной магистрали так, чтобы при работе насоса все масло проходило через дроссель-расходомер и сливалось в бак гидросистемы.

Перед пуском двигателя нужно убедиться в том, чтобы магистраль прибора была открыта. Двигатель заводится, прогревается (температура масла в баке 50±5°С) и устанавливается нормальная частота вращения ко-

ленчатого вала двигателя. Затем вращением рукоятки дросселя-расходомера поднимается давление в нагнетательной магистрали насоса до 100 кгс/см^2. При этом отметка на шкале дросселя против указательной стрелки, закрепленной на корпусе, будет соответствовать производительности проверяемого насоса.

Если производительность насоса будет ниже номинальной, то такой насос снимается с трактора, и устанавливается причина его пониженной производительности.

Проверка технического состояния гидрораспределителя гидросистемы трактора с помощью дросселя-расходомера.

Утечка масла в распределителе. Дроссель-расходомер присоединяется к маслопроводам, с которых предварительно снимаются запорные устройства одного из выносных цилиндров.

Входной штуцер дросселя-расходомера присоединяется непосредственно к маслопроводу верхней кольцевой полости распределителя, соединенному со штуцерами, расположенными ближе к верхней крышке распределителя.

У отверстия под штуцер на корпусе распределителя имеется литой оттиск «П».

Сливной штуцер дросселя-расходомера соединяется со вторым маслопроводом этого же золотника при помощи короткого шланга высокого давления и переходного штуцера. Затем при нормальной частоте вращения коленчатого вала двигателя рукоятка дросселя устанавливается в положение «Открыто», а рукоятка золотника – в положение «Подъем».

Вращением рукоятки дросселя устанавливается давление по манометру, равное 100 кгс/см^2, и проверяется расход масла, протекающего через дроссель-расходомер. Если утечка масла (разница между производительностью насоса и подачей масла, протекающего через дроссель-расходомер, включенный вместо одного из цилиндров) будет 5 л/мин, то это свидетельствует о неисправности распределителя (распределитель требует ремонта).

Давление срабатывания автоматов возврата золотника. Присоединение дросселя-расходомера такое же, как и при проверке утечек масла в распределителе. Проверка осуществляется при средней частоте вращения коленчатого вала двигателя. Для проверки необходимо: установить рукоятку дросселя-расходомера в положение «Открыто», включить рукоятку золотника в положение «Подъем» и, следя за стрелкой манометра и вращая рукоятку

дросселя-расходомера, поднять давление до срабатывания автомата. Наибольшее давление, отмеченное по манометру, принимается за давление срабатывания автомата, которое проверяют 3...4 раза и устанавливают среднюю величину.

Во избежание поломок манометра дросселя-расходомера перед каждым включением распределителя рукоятку дросселя необходимо установить в положение «открыто».

Проверка давления срабатывания автоматов других золотников производится следующим образом: рукоятка золотника, к которому подключен дроссель-расходомер, устанавливается, а потом удерживается в положении «Подъем», рукоятка же проверяемого золотника устанавливается в положение «Подъем» или «Опускание». Её нужно слегка касаться рукой, затем медленно поднимать давление дросселем-расходомером в нагнетательных магистралях до срабатывания автомата проверяемого золотника.

В момент, когда рукоятка проверяемого золотника выскользнет из-под руки, и возвратится в нейтральное положение, необходимо замерить по манометру давление, при котором срабатывает проверяемый автомат. Давление срабатывания автоматов других золотников можно также проверить путем присоединения дросселя-расходомера к каждому из золотников и их индивидуальной проверки. Однако при этом на проверку будет затрачено больше времени.

Давление срабатывания автоматов золотников должно быть 100…110 кгс/см^2. Если оно выше или ниже установленного, то нужно отрегулировать пружину бустера автомата.

Давление срабатывания предохранительного клапана. При нормальной частоте вращения коленчатого вала двигателя рукоятка золотника, к маслопроводам которого присоединен прибор, устанавливается в положение «Подъем» и удерживается в этом положении рукой, а рукояткой дросселя плавно перекрывается слив масла из дросселя-расходомера.

При этом давление в нагнетательном канале повышается, следовательно, откроется предохранительный клапан и давление в нагнетательном канале, на которое отрегулирован предохранительный клапан распределителя, будет показывать манометр дросселя-расходомера.

Если оно выше или ниже установленного, то такой клапан необходимо отрегулировать.

Проверка технического состояния гидроцилиндра гидросистемы трактора с помощью дросселя-расходомера. Дроссель-расходомер подключается так же, как и при проверке распределителя. Затем включают насос, запускают двигатель, прогревают масло в гидросистеме сначала на малой и средней частоте вращения коленчатого вала, а затем сообщают двигателю нормальную частоту вращения коленчатого вала. После этого золотник проверяемого цилиндра устанавливается в положение «Подъем» и наблюдают за тем, чтобы он не возвратился в нейтральное положение после окончания подъема механизма навески трактора. Затем разъединяют запорное устройство шланга, подающего масло в надпоршневую полость цилин-

дра (для опускания), отжимают шарик клапана и заклинивают его в открытом положении, дают стечь маслу и опускают шланг в мерный сосуд. Затем включают
в положение «Подъем» вначале рычаг золотника, к которому присоединен дроссель-расходомер, а затем рычаг золотника, который управляет проверяемым цилиндром. Удерживая оба рычага в этом положении, вращением рукоятки дросселя-расходомера доводят давление в гидросистеме до 100 кгс/см^2, включают секундомер и наблюдают за поступлением масла из шланга в мерный цилиндр. Если за одну минуту в мерный цилиндр вытечет не более
10 см^3 масла, то силовой цилиндр исправен, а свыше – неисправен.

Проверка состояния основного фильтра гидравлической системы. Для проверки состояния основного фильтра гидравлической системы необходимо отсоединить запорное устройство от полости распределителя, предназначенной для одного из выносных цилиндров и сообщающейся со сливной магистралью, и подключить к ней приспособление для определения состояния основного фильтра гидравлической системы тракторов КИ-4798А. Рукоятка золотника, к полости которого подключено приспособление, должна быть установлена в положение «Плавающее». Затем при включенном насосе гидросистемы нужно запустить двигатель и, удерживая рукоятку золотника управления основным силовым цилиндром в положении «Подъем», прогреть масло в гидросистеме до температуры 45…55°С. После этого следует установить номинальную частоту вращения коленчатого вала и определить по манометру приспособления давление масла. Если давление превышает
2,5 кгс/см^2, нужно снять и промыть фильтр, при давлении ниже 1 кгс/см^2 – фильтр неисправен.

Задание. Выполните диагностирование насоса и гидрораспределителя гидравлической системы трактора. Заполните таблицу 7 и дайте заключение о техническом состоянии узлов и механизмов гидросистемы.

Таблица 7

Результаты диагностирования насоса и гидрораспределителя гидравлической системы трактора

Наименование узла	Техническое состояние узла	Регулировочные величины		Заключение
		норма	фактически	

Контрольные вопросы

1. Как проверить производительность насоса дросселем-расходомером?

2. Как проверить утечки в гидрораспределителе дросселем-расходомером?

3. Как проверить давление срабатывания автомата возврата дросселем-расходомером?

4. Как проверить давление срабатывания предохранительного клапана дросселем-расходомером?

5. Как проверить герметичность гидросистемы трактора?

Лабораторная работа №4
Определение технического состояния топливной аппаратуры дизельного двигателя

Цель работы: изучить основные неисправности форсунок, нагнетательных клапанов, плунжерных пар, возникшие в процессе эксплуатации. Ознакомиться с оборудованием, которое применяется при проверке технического состояния этих элементов, приобрести технические навыки при проведении диагностических и регулировочных работ.

Оборудование и материалы: приборы КП-1609П, КИ-563 и КИ-3333 для проверки и регулировки форсунок, прибор КИ-1759 для гидравлического испытания плунжерных пар топливных насосов, прибор для испытания нагнетательных клапанов топливных насосов КИ-1086, тестер форсунок CIT800, прибор для проверки форсунок S60H.

На автотранспортных предприятиях техническое обслуживание топливной системы дизеля производится при углубленном диагностировании на постах ТО-2, ТР или в специализированных отделениях (участках) предприятия.

При обнаружении неисправностей снятую дизельную топливную аппаратуру: ТНВД, форсунки, фильтры разбирают и поэлементно проверяют на специализированных стендах.

Форсунка (рис. 8) – устройство, предназначенное для подачи (впрыскивания) топлива в двигателях различных механических устройств. В более узком представлении форсунки – клапаны, обеспечивающие дозированную подачу топлива в цилиндры дизельного двигателя с системой непосредственного впрыска. Подача топлива осуществляется периодически через равные промежутки времени, и подобная система имеет неоспоримые преимущества перед карбюраторной системой. Первое из них – точная дозировка топлива, которую осуществляют форсунки, и это важно, когда экономичный расход топлива играет одну из первостепенных ролей. Второе преимущество – экологичность, поскольку двигатели, работающие на системе непосредственного впрыска топлива при помощи форсунок, снабжены системой нейтрализации токсичных выхлопов. Дизельные двигатели совре-

менных автомобилей работают на принципе распределенного впрыска, когда каждый цилиндр двигателя получает топливо из отдельной форсунки.

Форсунка используется в системах впрыска как бензиновых, так и дизельных двигателей. На современных двигателях устанавливаются форсунки с электронным управлением впрыска.

В зависимости от способа осуществления впрыска различают следующие виды форсунок:

- электромагнитная;
- электрогидравлическая;
- пьезоэлектрическая.

Электромагнитная форсунка устанавливается, как правило, на бензиновых двигателях, в т.ч. оборудованных системой непосредственного впрыска. Форсунка имеет достаточно простое устройство, включающее электромагнитный клапан с иглой и сопло.

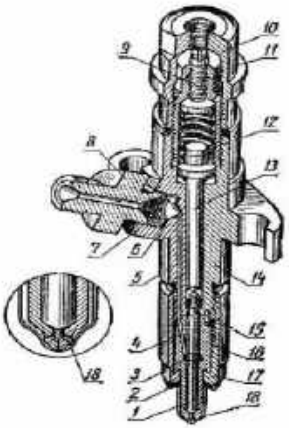


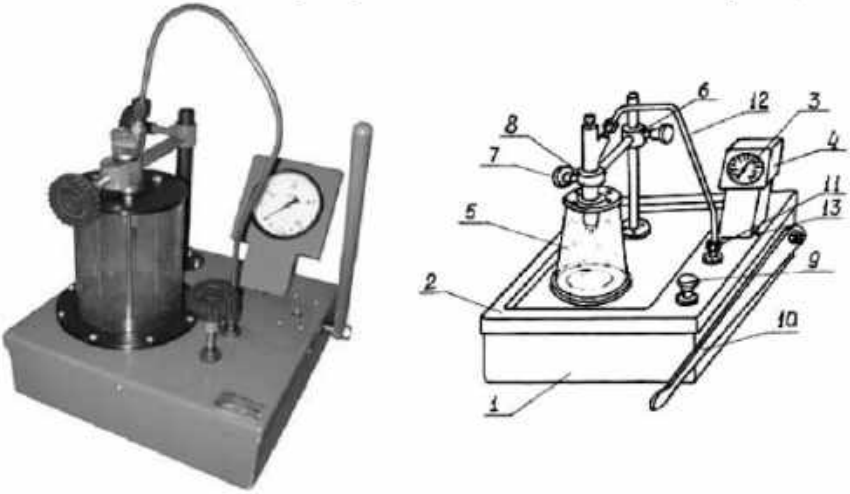
Рис. 8. Форсунка:
1 – игла распылителя; 2 и 6 – прокладки; 3 – кольцевая камера; 4 и 5 – каналы подвода топлива к распылителю; 7 – фильтр; 8 – штуцер; 9 – регулировочный винт; 10 – колпак; 11 – контргайка; 12 – пружина; 13 – штанга; 14 – корпус форсунки; 15 – штифт; 16 – корпус распылителя; 17 – гайка распылителя; 18 – распыливающее отверстие

Электрогидравлическая форсунка используется на дизельных двигателях, в т.ч. оборудованных системой впрыска Common Rail. Конструкция электрогидравлической форсунки объединяет электромагнитный клапан, камеру управления, впускной и сливной дроссели.

Самым совершенным устройством, обеспечивающим впрыск топлива, является пьезоэлектрическая форсунка (пьезофорсунка). Форсунка устанав-

ливается на дизельных двигателях, оборудованных системой впрыска Common Rail.

Для регулирования форсунок их снимают с двигателя, используя специальные съемники, и проверяют на специальном стенде (рис. 9).



а б

Рис. 9. Стенд для проверки форсунок М-106:
а – общий вид; б – схема: 1– корпус стенда (бак для топлива); 2 – крышка корпуса; 3 – стрелочный манометр до 400 атмосфер; 4 – кожух; 5 – камера впрыска (колба); 6 – кронштейн; 7 – винт; 8 – призма; 9 – кран; 10 – рукоятка; 11 – штуцер; 12 – топливопровод; 13 – винт для стравливания воздуха при запуске

Проверяются параметры форсунок, такие как давление срабатывания форсунки, герметичность запорного конуса распылителя и качество распыления.

Стенд обеспечивает точность замеров и состоит из односекционного насоса высокого давления, приводимого в действие рычагом, и контрольных приборов.

Стендом М-106 для форсунок дизельных двигателей можно испытать и отрегулировать все типы форсунок автомобильных и тракторных дизелей отечественного и импортного производства. На стенде можно проверить давление начала впрыска и качество распыления дизельного топлива; герметичность запорного конуса (определяется по появлению капли топлива на носике распылителя); гидроплотность по запорному конусу и направляющей цилиндрической части (определяется по времени падения давления).

Регулировка форсунок производится регулировочными шайбами, устанавливаемыми под пружину при снятых гайке распылителя, распылителе, проставке, штанге, пружине. При увеличении общей толщины регулировочных шайб давление повышается, при уменьшении – понижается. Изменение толщины регулировочных шайб на 0,05 мм изменяет давление начала впрыскивания топлива на 0,3...0,5 МПа (3...5 кгс/см²). Регулировка форсунок с самоконтрящимся эксцентриком производится поворотом эксцентрика без предварительной разборки форсунки. Поворот эксцентрика на один шлиц изменяет давление начала впрыскивания на 0,3...0,5 МПа (3...5 кгс/см²).

Подвижность иглы и качество распыливания топлива новых форсунок проверяют на опрессовочном стенде при частоте 60...80 впрыскиваний в минуту. При проверке подвижности иглы и качества распыливания топлива новых форсунок, топливо должно выходить из распылителей в распыленном, туманообразном состоянии. Впрыскивание топлива форсункой должно сопровождаться характерным звуком. При проверке подвижности иглы и качества распыливания топлива форсунок, бывших в эксплуатации, при проверке на аккумуляторной установке допускается струйное истечение топлива из распыливающих отверстий распылителя, не сопровождающееся характерным звуком, как и на опрессовочном стенде.

Герметичность по запирающим конусам форсунок, бывших в эксплуатации, проверять созданием в форсунке давления на 1,0...2,0 МПа меньше давления начала впрыскивания. В течение 10 с не должно быть пропуска топлива через запирающий конус, при визуальном наблюдении допускается увлажнение носика корпуса распылителя.

Порядок проведения проверки регулировки форсунок:

– герметичность форсунки. Перед проведением этой работы необходимо проверить прибор на герметичность. Прибор соответствует нормальной герметичности при заглушенном отверстии под форсунку, если падение давления в нем с 30,0 до 0,5 МПа происходит не быстрее чем за 3 мин.

– регулировка форсунки на давление впрыскивания. Проверить наличие топлива в бачке прибора. Открыть кран бачка и выпустить воздух из системы, отвернув продувочный вентиль. Закрепить проверяемую форсунку на приборе. Произвести несколько качков рычагом и зафиксировать давление по манометру, соответствующее началу впрыскивания топлива. Если давление топлива не соответствует техническим условиям, необходимо произвести регулировку форсунки и провести повторное испытание.

Форсунка должна быть отрегулирована на рабочее давление впрыскивания топлива. Качество распыливания топлива должно удовлетворять следующим требованиям:

– распыливаемое топливо должно иметь форму факела (или отдельных струй) и не содержать видимых на глаз отдельных капелек нераспыленного топлива;

– должно отсутствовать подтекание топлива у сопла торца распылителя в момент начала и окончания впрыскивания;

– угол факела (конус струи) α распыленного топлива должен соответствовать техническим условиям в зависимости от типа форсунки. Величину угла конуса (струй) распыливаемого топлива из форсунки определяют измерением диаметра отпечатка распыленного топлива на экране. Величина диаметра зависит от положения экрана и типа форсунки.

Пропускную способность дизельных форсунок нужно проверять на любой одной секции нового, отрегулированного на заводе топливного насоса высокого давления, соответствующего модели проверяемой форсунки. Проверку нужно производить путем сравнением пропускной способности образцов с пропускной способностью контрольных форсунок или замером суммарного эффективного сечения распылителей на стенде постоянного давления. Для форсунок, бывших в эксплуатации, допускается отклонение пропускной способности до 4% от пределов, заданных образцами контрольных форсунок. В случае засорения и закоксовывания одного или нескольких распыливающих отверстий корпуса распылителя следует разобрать форсунку, ее детали прочистить и промыть в керосине. Распыливающие отверстия прочистить стальной проволокой. При зависании иглы распылитель следует заменить.

Проверка форсунок с помощью максиметра (без снятия форсунки с двигателя). Максиметр используется для определения давления начала впрыскивания топлива форсункой, определения максимального давления, развиваемого отдельными секциями ТНВД. Его работа аналогична работе форсунки. Его применение особенно удобно при проверке давления впрыскивания топлива форсункой при эксплуатационных условиях с насосом, установленным на двигателе.

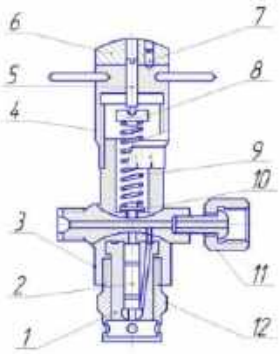


Рис. 10. Максиметр:
1 – распылитель; 2 – игла распылителя; 3 – корпус; 4 – микрометрическая головка; 5 – установочный винт; 6 – контргайка; 7 – стопорный винт; 8 – упор; 9 – пружина; 10 – нажимной штифт; 11 – штуцер; 12 – гайка

Устройство максиметра представлено на рисунке 10. Для определения давления начала впрыскивания топлива испытуемую форсунку через трубку высокого давления соединяют со штуцером максиметра, который, в свою очередь, присоединяется к штуцеру соответствующей секции ТНВД.

Вращая микрометрическую головку, добиваются одновременного впрыскивания топлива максиметра и проверяемой форсунки. Давление, которое соответствует началу впрыскивания, определяют по шкале лимба.

Для проверки электрогидравлических и пьезоэлектрических форсунок системы впрыска Common Rail применяется тестер форсунок CIT800 (рис. 11). Тестер позволят имитировать сигнал от блока управления для форсунок системы Common Rail, таких как Bosch, Denso, Delphi.

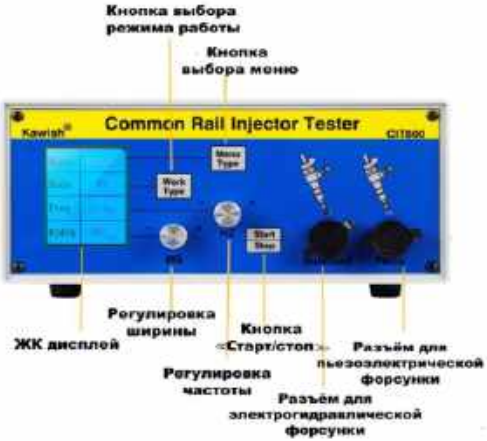


Рис. 11. Тестер форсунок CIT800

Кнопка выбора меню предназначена для переключения типа форсунок (Bosch, Denso, Denso 2, Delphi и пьезо).

Кнопка выбора режима работы служит для переключения условий работы (VL,VE, TL,LL, U1 и Mea Res):

VL – тест максимальной допускаемой нагрузки.

VE – испытание перед впрыском.

TL – имитация движения транспортного средства на средней скорости.

LL – холостой ход (двигатель работает на холостом ходу).

U1 – пользовательские установки.

Mea Res – измерения импеданса форсунки.

Регулировка частоты. Поворачивая ручку против часовой стрелки, уменьшают частоту распыления форсунки. В обратную сторону – увеличивают частоту.

Регулировка ширины. Поворачивая ручку против часовой стрелки, уменьшают время каждого впрыска. В обратную сторону – увеличивают время.

Кнопка «Старт/стоп» служит для включения или выключения теста. В тестовом режиме «Mea Res» кратковременно нажимают кнопку «Start/Stop» для измерения импеданса электромагнитной катушки.

Для проверки форсунок магистраль высокого давления форсунки подключается с помощью переходных трубок к стенду (например, к прибору S60H). Используя соединительные разъемы из комплекта тестера форсунок CIT800, электрический разъем форсунки подключается к соответствующему разъему тестера (электрогидравлическому и пьезоэлектрическому). На тестере форсунок CIT800 выбирается тип форсунки и режим работы. Прибором S60H (рис. 12) создается давление в гидравлической системе форсунки. Нажимают кнопку «Старт/стоп», тем самым приводя в работу электромагнитный клапан, и наблюдают за распылом форсунки.

Неисправности форсунок. Основные неисправности форсунки заключаются в нарушении регулировки давления начала впрыска топлива, негерметичности закрытия или заедании иглы, засорении отверстий распылителя. Все эти неисправности приводят к ухудшению распыла топлива, вследствие чего появляются перебои в работе цилиндров, стуки, увеличивается дымность выпуска и падает мощность двигателя. Как правило, проверка, регулировка и ремонт неисправных форсунок производятся в специально оборудованной мастерской. Нарушение регулировки давления начала впрыска происходит из-за ослабления пружины или износа иглы и ее штанги. Неисправность устраняют изменением натяжения пружины иглы с помощью регулировочного винта. Негерметичность иглы обычно вызывается ее изно-

сом. Неисправность устраняют притиркой иглы к седлу распылителя или ее заменой в комплекте с распылителем.



Рис. 12. Прибор для проверки форсунок S60H

Заедание («зависание») иглы в направляющем отверстии распылителя чаще всего является следствием перегрева или работы с неплотно закрывающейся иглой, из-за чего в полость распылителя попадают газы из цилиндра. Если заедание иглы не удается устранить очисткой деталей от отложений, распылитель и иглу заменяют. Засорение (закоксование) отверстий распылителя происходит в результате неплотного закрытия иглы, при котором топливо после впрыска подтекает через отверстия распылителя и образует на нем «висящую каплю», или вследствие длительной работы двигателя на малых оборотах холостого хода. Отверстия распылителя очищают тонкой стальной проволокой, укрепленной в специальном патроне.

Задание. Определите техническое состояние форсунок, при необходимости проведите их регулировку.

Контрольные вопросы

1. Каково устройство форсунки?
2. Какими приборами проверяется качество работы форсунки?
3. Каковы основные неисправности форсунок?
4. Какими устройствами проверяется форсунка без снятия с двигателя?
5. Объясните, как проверяются электрогидравлические и пьезоэлектрические форсунки системы впрыска Common Rail.

Лабораторная работа № 5
Определение технического состояния газораспределительного механизма двигателя

Цель работы: изучить операции и последовательность регулировочных работ при настройке тепловых зазоров в клапанном механизме двигателя.

Оборудование и материалы: набор щупов, индикаторное приспособление, гаечные ключи, динамометрический ключ, отвертки.

В процессе эксплуатации автомобилей, тракторов и других типов подвижного состава с ДВС изменяются: величина тепловых зазоров клапанного механизма, угол опережения зажигания, техническое состояние (герметичность) ЦПГ и клапанов. Указанные параметры технического состояния ДВС контролируются, а при необходимости регулируются при проведении очередного ТО или в процессе ТР.

Регулировка тепловых зазоров в клапанном механизме. Для обеспечения плотности посадки клапана (рис. 13) на седло в ДВС предусматривают устройства для регулировки зазора между клапаном и затылком кулачка (при непосредственном воздействии кулачка на клапан), или между клапаном и ударником коромысла/рокера (при подвесных клапанах), или между клапаном и толкателем (при боковых клапанах), или вообще при беззазорной настройке клапанного механизма для всех вышеперечисленных схем клапанных механизмов.

Зазор обычно регулируют при помощи ввертываемого в верхнюю часть толкателя или в один из концов коромысла болта или шаровую опору, закрепляемых с помощью контргайки. В некоторых случаях тепловой зазор устанавливают с помощью сменных прецизионных шайб фиксированной толщины.

Наличие повышенных зазоров отрицательно сказывается на работе механизма газораспределения, вызывая стук при подъеме и посадке клапана и повышенный износ контактирующих поверхностей. Особенно опасны удары клапана о седло, приводящие к разрушению опорной поверхности, потере компрессии, а в выпускных клапанах – к обгоранию головки и седла клапана. С увеличением зазоров ухудшается также наполнение двигателя.

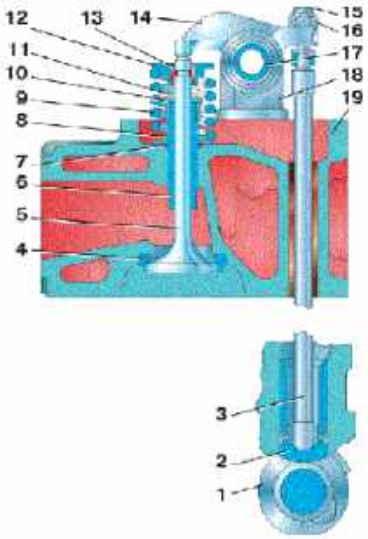


Рис. 13. Привод клапанов:
1 – распределительный вал; 2 – толкатель; 3 – штанга; 4 – седло клапана; 5 – клапан; 6 – направляющая втулка клапана; 7 – стопорное кольцо; 8 – шайба; 9 – пружина; 10 – колпачок маслоотражательный; 11 – пружина колпачка; 12 – тарелка пружины; 13 – сухарики; 14 – коромысло; 15 – регулировочный винт; 16 – контргайка; 17 – ось коромысел; 18 – стойка; 19 – головка блока цилиндров

Величина и характер изменения зазора зависят от температурного режима двигателя, конструкции механизма газораспределения и материалов его деталей, а также от конструкции и материалов остальных деталей двигателя. Так, например, зазоры между клапаном и толкателем и между затылком кулачка и верхним клапаном (при непосредственном воздействии кулачка на клапан) с увеличением температуры уменьшаются. Это происходит потому, что при нагреве длина стержня клапана увеличивается на большую величину, чем высота блока, а длина верхнего клапана – на величину, большую, чем высота головки цилиндров и опор распределительного вала. В противоположность этому, в двигателях с верхними клапанами и нижним распределительным валом (в особенности в двигателях с воздушным охлаждением) зазор между клапаном и коромыслом с повышением температуры увеличивается. Это объясняется тем, что при нагреве двигателя увеличение высоты цилиндра и головки цилиндров оказывается большим, чем удлинение толкателя и штанги. При этом ось закрепленного на головке цилиндров коромысла поднимается относительно верхнего наконечника штанги, и зазор, несмотря на увеличение длины клапана, возрастает. Величина теплового зазора для автотракторных двигателей колеблется от 0,05 до 0,5 мм, при-

чем меньшие значения (0,05-0,10 мм) имеют место для двигателей воздушного охлаждения. Величина теплового зазора для тракторных двигателей представлена в таблице 8. Иногда для выпускных клапанов зазоры назначаются несколько большими, чем для впускных.

Таблица 8

Величина теплового зазора для тракторных двигателей

Марка трактора	Марка двигателя	Величина тепловых зазоров, мм
МТЗ-82.1, МТЗ-826	Д-243	Впускной – 0,25…0,35 Выпускной – 0,25…0,35
МТЗ-1221, МТЗ-1523	Д-260.2, Д-260.1	Впускной – 0,25…0,30 Выпускной – 0,40…0,45
К-700А, К-701	ЯМЗ-238, ЯМЗ-240	Впускной – 0,25…0,35 Выпускной – 0,25…0,35
К-744 серии Р	ЯМЗ-238НД5	Впускной – 0,25…0,35 Выпускной – 0,25…0,35
К-744 серии Р	8481.10	Впускной – 0,15…0,20 Выпускной – 0,3…0,35
ХТЗ-150К-09, ХТЗ-17221	ЯМЗ-236М2	Впускной – 0,25…0,30 Выпускной – 0,25…0,30

Регулировка клапанного механизма двигателя ВАЗ-21116. Регулировка клапанов проводится на холодном двигателе в следующей последовательности:

1) Открыть крышку клапанного механизма. При снятии крышки клапанного механизма во избежание повреждения прокладки необходимо соблюдать осторожность.

2) Снять кожух ремня ГРМ.

3) Установить поршень первого цилиндра в верхнюю мертвую точку в такте сжатия. Для этого провернуть коленчатый вал по часовой стрелке до совмещения установочных меток на зубчатом шкиве распределительного вала и задней крышке ремня привода ГРМ.

4) Затем повернуть коленчатый вал еще на 40…50° (2,5…3 зуба на шкиве распределительного вала). В этом положении валов проверить набором щупов зазоры у первого и третьего кулачков распределительного вала.

5) Зазор между кулачками распределительного вала (Лада 2111 и 2110) и регулировочными шайбами должен быть 0,20 мм для впускных клапанов и 0,35 мм – для выпускных. Допуск на зазоры для всех кулачков составляет ±0,05 мм.

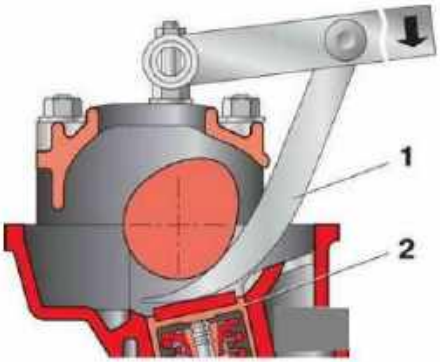


Рис. 14. Утапливание толкателей клапанов при замене регулировочной шайбы:
1 – приспособление; 2 – толкатель

6) Если зазор отличается от нормы, то на шпильки корпусов подшипников распределительного вала установить приспособление для регулировки клапанов.

7) Ввести «Клык» приспособления между кулачком и толкателем (рис. 14).

8) Развернуть толкатель так, чтобы прорезь в его верхней части была обращена вперед (по ходу автомобиля). Нажать вниз на рычаг приспособления, утопить «Клыком» толкатель и установить между краем толкателя и распределительным валом ВАЗ 2111 фиксатор, который удерживает толкатель в нижнем положении (рис. 15).

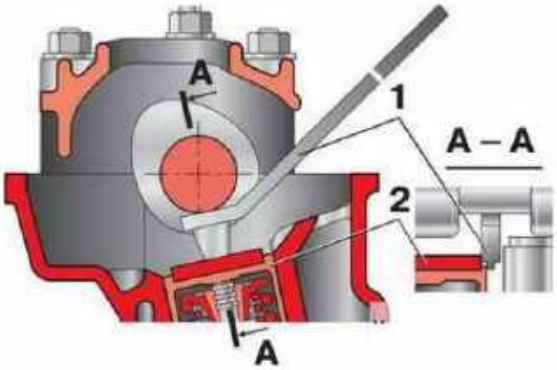


Рис. 15. Фиксирование толкателей клапанов при замене регулировочной шайбы:
1 – фиксатор; 2 – регулировочная шайба

9) Поднять рычаг приспособления в верхнее положение. Пинцетом через прорезь поддеть и извлечь регулировочную шайбу.

10) При отсутствии приспособления для регулировки клапанов можно воспользоваться двумя отвертками. Опираясь на кулачок, отжать толкатель клапана вниз. Вставить ребро другой отвертки (с жалом шириной не менее 10 мм) между краем толкателя и распределительным валом, зафиксировать толкатель.

11) Зазор регулировать подбором толщины регулировочных шайб. Для этого микрометром замерить толщину шайбы. Толщину новой регулировочной шайбы определить по формуле:

$$H = B + (A - C), \qquad (3)$$

где H – толщина новой шайбы;
B – толщина снятой шайбы;
A – замеренный зазор;
C – номинальный зазор.

Толщина шайбы маркируется на ее поверхности электрографом.

12) Новую шайбу установить в толкатель маркировкой вниз и убрать фиксатор.

13) Еще раз проверить зазор. При правильной регулировке щуп толщиной 0,20 или 0,35 мм должен входить в зазор с легким защемлением.

14) Последовательно поворачивая коленчатый вал на пол-оборота, регулировать зазоры остальных клапанов ВАЗ 2112 в последовательности: 40-50^0 – 1, 3 клапаны; 220-230^0 – 5, 2 клапаны; 400-410^0 – 8, 6 клапаны; 580-590^0 – 4, 7 клапаны.

Регулировка клапанного механизма двигателя Д-243. Регулировка клапанов может проводиться как на холодном, так и на прогретом двигателе в следующей последовательности:

1) Снять крышку клапанного механизма, стараясь не повредить прокладку.

2) Динамометрическим ключом проверить затяжку всех болтов крепления головки цилиндров в последовательности, указанной на рисунке 16, и, при необходимости, подтянуть.

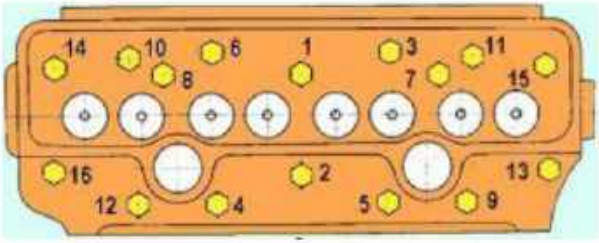


Рис. 16. Последовательность проверки затяжки болтов крепления головки цилиндров

3) Проверить затяжку стоек вала коромысел.

4) Отверткой или ключом установить валик декомпрессора в положение «Компрессия выключена».

5) Наблюдая за коромыслами клапанов первого цилиндра медленно вращать коленчатый вал до тех пор, пока оба клапана откроются и закроются (выхлопной, а затем всасывающий).

6) Из картера маховика вывернуть установочный винт и вставить его не нарезанной частью в то же отверстие до упора в маховик.

7) Нажимая на установочный винт, проворачивать коленчатый вал до тех пор, пока винт не войдет в отверстие на маховике. В этом положении маховика поршень первого цилиндра будет находиться в верхней мертвой точке такта сжатия.

8) Установить валик декомпрессора в положение «Компрессия включена» и провести проверку зазоров (рис. 17) в обоих клапанах первого цилиндра (для всасывающего – 0,25 мм, для выхлопного – 0,30 мм, при прогретом двигателе следует уменьшить на 0,05 мм).

9) Проверить от руки легкость вращения штанг клапанного механизма и их прямолинейность.

10) Вынуть установочный винт, провернуть коленчатый вал на ½ оборота и провести регулировку клапанов, согласно порядку работы цилиндров: 1-3-4-2. Таким же образом, поворачивая каждый раз коленчатый вал двигателя вручную на половину оборота (для четырехтактного двигателя), отрегулировать тепловые зазоры в клапанах тех цилиндров, которые соответствуют порядку работ.

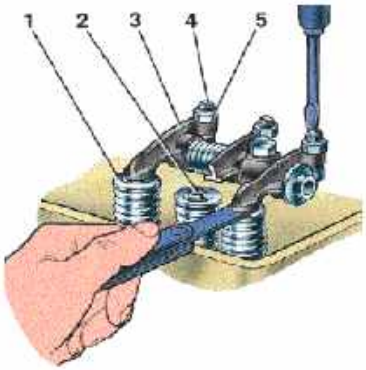


Рис. 17. Регулировка зазора между коромыслом и клапаном:
1 – тарелка пружины; 2 – клапан; 3 – коромысло; 4 – регулировочный винт; 5 – контргайка

11) Отрегулировать осевой люфт распределительного вала. Для этого необходимо завернуть упорный винт до упора в подпятник распределительного вала, а затем отвернуть на ¼ оборота и в таком положении законтрить контргайкой.

12) Установить на место крышку головки цилиндров, следя за правильной установкой прокладки.

Регулировка клапанного механизма двигателя John Deere 4045.

1) Снимите крышку клапанного механизма, стараясь не повредить прокладку. Для этого снимите заглушки с крышки и отверните гайки, снимите уплотнительные кольца. Отсоедините необходимые части жгута проводов, чтобы обеспечить возможность снятия крышки клапанного механизма.

2) Снимите пластмассовую заглушку или защитную панель с отверстия инструмента для вращения маховика (А) и отверстия стержня для установки момента впрыска топлива (В на рис.18).

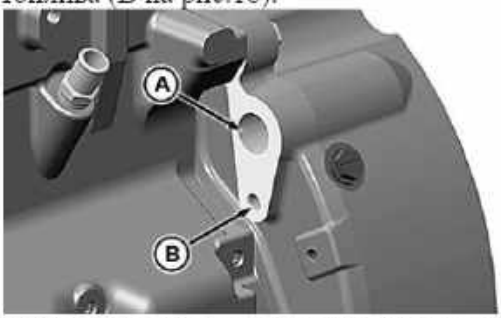


Рис. 18. Отверстия для синхронизации корпуса маховика

3) Проверните маховик двигателя в рабочем направлении (по часовой стрелке, если смотреть спереди) так, чтобы цилиндр №1 оказался в верхней

мертвой точке хода сжатия. Вставьте стержень для установки момента впрыска топлива маховика.

Если коромысла цилиндра № 1 не натянуты, двигатель находится в верхней мертвой точке хода сжатия цилиндра № 1.

Если клапанные коромысла цилиндра № 4 не натянуты, двигатель находится в верхней мертвой точке сжатия для поршня в цилиндре № 4. Проверните двигатель на один полный оборот (360°) до верхней мертвой точки хода сжатия в цилиндре № 1.

4) Зафиксировав двигатель в верхней мертвой точке хода сжатия поршня в цилиндре № 1, проверьте щупом зазор на выпускных клапанах цилиндров №1 и 3 и впускных клапанах цилиндров №1 и 2 (рис.19).

Зазор на впускном клапане (между коромыслом и упором клапана) для холодного двигателя – 0,35 мм.

Зазор на выпускном клапане (между коромыслом и упором клапана) для холодного двигателя – 0,45 мм.

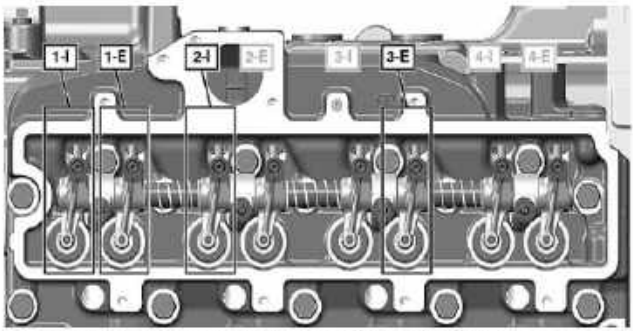


Рис. 19. Регулировка зазоров при верхней мёртвой точке цилиндра №1

5) Отпустите стопорную гайку коромысла (А) на регулировочном винте коромысла (В на рис. 20). Поворачивайте регулировочный винт до тех пор, пока щуп не начнет скользить с небольшим сопротивлением движению. Удерживая регулировочный винт для предотвращения его вращения, затяните стопорную гайку моментом 27 Н·м.

После затягивания стопорной гайки перепроверьте зазор. Повторно отрегулируйте зазор по необходимости.

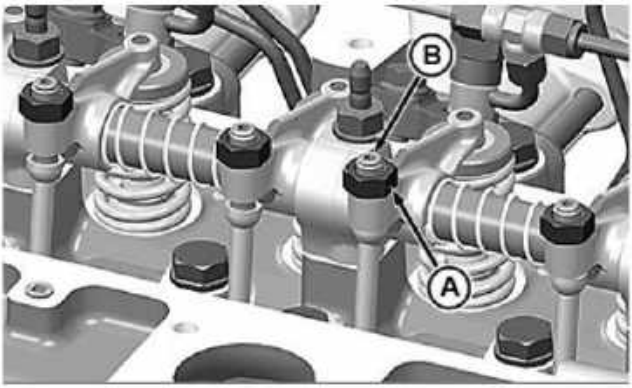


Рис. 20. Регулировка клапанов

6) Проверните маховик на 360° так, чтобы поршень цилиндра № 4 оказался в верхней мертвой точке своего хода сжатия. Коромысла для поршня цилиндра № 4 должны быть ослаблены.

Проверьте и отрегулируйте клапанный зазор на выпускных клапанах №2 и 4 и на впускных клапанах № 3 и 4 (на рис.21).

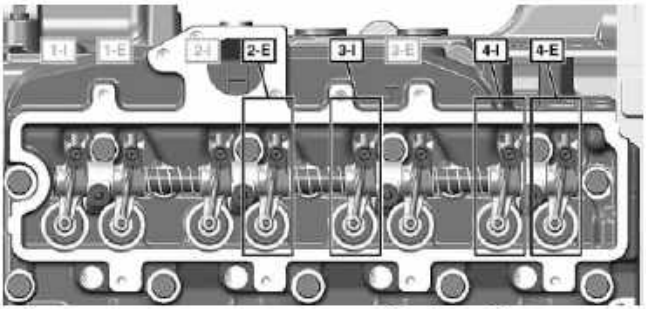


Рис. 21. Регулировка зазоров при верхней мёртвой точке цилиндра №4

7) Установите прокладку и крышку клапанного механизма.

Задание. Изучите методику проверки и регулировки тепловых зазоров двух типов двигателей:

а) бензинового;

б) дизеля.

Контрольные вопросы

1. Зачем необходим зазор между бойком коромысла и стержнем клапана?
2. Назовите последствия неправильной регулировки клапанного механизма.
3. Как выставить первый цилиндр в ВМТ?
4. Перечислите инструменты, необходимые для регулировки зазоров.

5. Почему зазор для выхлопного клапана больше, чем для всасывающего?

Рекомендуемая литература

1. Зангиев, А. А. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка / А. А. Зангиев, А. Н. Скороходов. – 6-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2023. – 464 с.

2. Рядnов, А. И. Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / А. И. Рядnов, Р. В. Шарипов, С. В. Тронев. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2019. — 140 с.

3. Скороходов, А.Н. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка : [учебник] / А.Г. Левшин; А.Н. Скороходов. – Москва :

Колос-с, 2021. – 481 с.

4. Технология механизированных работ : учебное пособие / С. П. Прокопов, А. Ю. Головин, А. Г. Кулаева, Е. И. Мальцева. – Омск : Омский ГАУ, 2022. – 88 с.

5. Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / А. И. Завражнов, С. М. Ведищев, Ю. Е. Глазков [и др.]. — Тамбов : ТГТУ, 2019. — 224 с. — ISBN 978-5-8265-2037-6.

Оглавление

Предисловие 3
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ 4
Лабораторная работа №1. Определение мощности двигателя трактора прибором ИМД-Ц 4
Лабораторная работа №2. Определение технического состояния цилиндро-поршневой группы двигателя 12
Лабораторная работа №3. Определение технического состояния агре- 20

гатов гидравлической системы трактора .....
Лабораторная работа №4. Определение технического состояния топливной аппаратуры дизельного двигателя 25
Лабораторная работа №5. Определение технического состояния газораспределительного механизма двигателя 32
Рекомендуемая литература 42

Учебное издание

Ерзамаев Максим Павлович
Сазонов Дмитрий Сергеевич

Харыбина Наталья Александровна

Эксплуатация машинно-тракторного парка

Методические указания для лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 18.10.2023. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,55 печ. л. 2,75.
Тираж 50. Заказ № 259.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Методические рекомендации
для выполнения курсовой работы

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 631.372
ББК 40.72р
Э41

Э41 Эксплуатация машинно-тракторного парка : методические указания / сост. С. А. Кузнецов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, В. М. Янзин. – Кинель : РИО СамГАУ, 2019. – 66 с.

В методических указаниях приведены основные требования и рекомендации при выполнении курсовой работы: разработки рационального состава МТП, планирование технических обслуживаний, а также анализ использования МТП. Приведены методы рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Кузнецов С.А., Сазонов Д.С.,
Ерзамаев М.П., Янзин В.М.,
составление, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Анализ тенденций развития сельского хозяйства, изучение инноваций, оценка направлений формирования технологических платформ и укладов, прежде всего в технико-технологическом обеспечении приоритетных подотраслей сельского хозяйства, позволяют констатировать, что разработка новых технологий и техники нацелена на дальнейшее повышение эффективности сельскохозяйственного производства и его конкурентоспособности.

Внедрение современных технологий на основе высокопроизводительной техники и ее рациональное использование позволят решить стоящие перед сельским хозяйством задачи по увеличению производства сельхозпродукции.

Цель методических указаний – облегчить работу студентов по расчёту состава машинно-тракторного парка, так как особые затруднения у студентов вызывают поиск и использование расчётных формул, таблиц, справочных данных, которые располагаются в различных разделах учебников, справочной литературы. К методическим указаниям прилагаются необходимые таблицы, используемые в ходе расчётов.

В результате выполнения курсовой работы студент должен

Знать:

- методы обоснования оптимального состава МТП, определения и анализа показателей его использования;
- методы планирования и организации ТО и диагностирования машин.

Уметь:

- составлять календарный план механизированных работ и использования МТП;
- составлять графики проведения ТО;
- определять потребность в ТСМ при выполнении полевых работ;
- проводить анализ показателей использования МТП;

Владеть навыками:

- разработки операционных технологий;
- расчёта состава машинно-тракторного парка;
- планирования технической эксплуатации машинно-тракторного парка.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тематика курсовой работы

Тема курсовой работы выбирается студентом с учётом прохождения производственной практики и согласовывается с преподавателем, осуществляющим руководство проектированием.

Возможны следующие темы курсовой работы:

1) Проектирование рационального состава МТП и его технической эксплуатации в условиях с.-х. предприятия для хозяйства площадью ____ га.

2) Проектирование рационального состава МТП для хозяйства площадью ____ га и анализ его использования.

Цель и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы является освоение методов расчета и принятия самостоятельных решений при:

- проектировании механизированных технологических процессов в растениеводстве;
- определении рационального состава машинно-тракторного парка;
- освоение методов рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ;
- разработке планов технического обслуживания и ремонтов тракторов и с.-х. машин.

Задачи курсовой работы:

- обоснование марочного состава машинно-тракторного парка машин и разработка плана механизированных работ;
- определение качественного и количественного состава машинно-тракторного парка и сельскохозяйственных машин;
- разработка плана технического обслуживания тракторного парка;
- выполнение индивидуального задания;
- определение технико-экономических показателей проекта.

Задание на курсовую работу

Каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение курсовой работы на кафедре «Технический сервис», образец которого представлен в приложении 1.

Оформление пояснительной записки

Курсовая работа включает в себя пояснительную записку объёмом 30…40 страниц текста и графическую часть, выполняемую на 2 листах формата А1. Графическая часть может быть выполнена с использованием графических редакторов (Компас, Автокад), при этом допускается распечатка на формате А4.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- Реферат
- Оглавление.
- Введение
- Разработка плана механизированных работ.
- Расчет состава машинно-тракторного парка.
- Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП.
- Технико-экономические показатели работы.
- Выводы и предложения.
- Список использованной литературы и источников.

Титульный лист оформляют по образцу, приведенному в приложении 2.

Задание содержит исходные данные для выполнения курсовой работы.

Реферат – краткое точное изложение содержания курсовой работы, включающее основные фактические сведения и выводы. Рекомендуемый объем текста реферата 1 печатная страница.

Оглавление размещают после реферата. В нем перечисляют номера и названия всех глав, параграфов и указывают номера страниц, с которых они начинаются.

Введение в объеме 1-2 страниц должно освещать состояние и перспективы развития машинно-тракторного парка и формы организации его использования, цель и задачи курсовой работы.

Основная часть должна содержать 4 раздела: 1 – Разработка плана механизированных работ. 2 – Расчет состава машинно-тракторного парка. 3 – Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП. 4 – Технико-экономические показатели работы.

При оформлении разделов необходимо записывать промежуточные вычисления. После формулы записывается расшифровка всех её буквенных обозначений, после чего в формулу подставляются численные значения.

Выводы и предложения. В разделе должны содержаться выводы по результатам расчётов в курсовом проекте и приведены основные технико-экономические показатели.

Список использованной литературы и источников. В тексте пояснительной записки необходимо указывать ссылки на использованные литературные источники, методические и нормативные материалы. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номера источников в тексте указываются в квадратных скобках. Все источники в списке должны быть составлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила сокращения».

Текст пояснительной записки может быть выполнен рукописным способом или с применением печатающих и графических устройств через полтора интервала. Размер шрифта – 14, Times New Roman, абзацный отступ 1,27 см. Должны соблюдаться следующие размеры полей: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее – 1,5 см, нижнее – 2 см.

Каждый раздел должен начинаться с нового листа.

Страницы проекта нумеруют арабскими цифрами. На титульном листе номер не ставится, но включается в общую нумерацию. На страницах номер проставляют в центре нижней части листа без точки.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылку на них. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице. Нумерация таблиц сквозная или в пределах раздела.

Формулы в работе нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В работах обязательно применение единиц Международной системы единиц (СИ), а также кратных и дольных от них. Все слова должны быть написаны полностью. Сокращения могут допускаться только общепринятые.

Оформление графической части курсовой работы

Графическая часть выполняется на двух листах формата А1 (594×841 мм) по согласованию с руководителем:

первый лист – графики загрузки тракторов;

второй лист – графики (план-графики) проведения ТО и ремонтов;

При использовании графических редакторов (Компас, Автокад) графическая часть выполняется в формате А1, при этом допускается распечатка на формате А4.

При распечатке в формате А2 или А3 на листах А4, листы должны быть склеены в требуемый формат.

При выполнении чертежей в карандаше должен использоваться формат А1 (594×841 мм).

Обозначения чертежей должны включать в себя:

- код работы (для курсовой работы – КР)
- код кафедры «Технический сервис» – 12;
- номер группы (приказа) и номер по списку.

Шифр документа:

- для графиков загрузки тракторов (графиков машиноисплъзования): диаграмма – ДИ1, табличная форма графиков загрузки тракторов – ТБ1;

- для графиков проведения ТО и ремонтов – ДИ2; табличная форма проведения ТО и ремонтов – ТБ2;

Образец записи: **КР.12.01–14.ДИ1** расшифровывается следующим образом: КР – курсовая работа, 12 – код кафедры, 01 – группа №1, 14 – номер по списку, ДИ1 – график загрузки тракторов (график машиноисплъзования).

2. РАЗРАБОТКА ПЛАНА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

Цель выполнения раздела – изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка, а так же изучить методы проектирования механизированных производственных процессов.

Выбор типов и марок тракторов

Одним из направлений ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве является использование высокопроизводительных агрегатов, обеспечивающих минимальные прямые эксплуатационные затраты. Это требование достигается в первую очередь выбором соответствующей марки трактора. Поэтому для определения рационального состава тракторного парка необходимо выбрать марки тракторов из числа предложенных в задании.

Одним из оптимизационных методов является выбор марочного состава тракторов по минимальным прямым эксплуатационным затратам.

Прямые эксплуатационные затраты по каждой операции определяются по формуле:

$$Э_{_{\text{з}}} = 7 \cdot H_{CM} \cdot K \cdot Д, \text{ руб.}, \qquad (1.1)$$

где H_{CM} – количество нормосмен;

K – коэффициент перевода тракторов в условные эталонные (приложение 3);

$Д$ – прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га (табл. 1).

Количество нормосмен определяется делением суммарного объёма работ по данной операции на сменную норму выработки (суммарный объём работ определяется на основании заданного севооборота и соответствующей технологии возделывания каждой культуры):

$$H_{CM} = \frac{W_{OB}}{W_{CM}}, \qquad (1.2)$$

где W_{OB} – объём работ по данной операции, га;

W_{CM} – сменная норма выработки (приложение 4).

Таблица 1

Прямые эксплуатационные затраты при использовании тракторов (для учебных целей)

Марка трактора	Прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га	Марка трактора	Прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га
1	2	1	2
К-744Р	286	ДТ-75М	158
К-744Р2	296	ЛТЗ-155	167
К-701	238	МТЗ-3022ДВ	218
К-700А	224	МТЗ-1523	182
ХТЗ-21042	221	МТЗ-1221	169
К5280 АТМ	232	МТЗ-1025	146
ХТЗ-150-03	216	МТЗ-592	124
ХТЗ-17421	216	МТЗ-826	137
ХТЗ-150	215	МТЗ-2522	218
ХТЗ-150К	219	МТЗ-80	115
Т-4А.01	203	МТЗ-82	118
Т-402.01	210	МТЗ-2022	205
Т-406	207	ЮМЗ-6АКЛ	116
Т-408	210	Агромаш-90ТГ	166
ВТ-200Д	216	ЛТЗ-60АВ	105
ВТ-150	205	ХТЗ-16131	212
		ЮМЗ-62АКЛ	115

Примечание. Прямые эксплуатационные затраты при использовании тракторов могут корректироваться с учётом инфляции при выдаче задания.

Для расчётов прямых эксплуатационных затрат составляется таблица 2. В этой таблице производится расчет по каждой из заданных марок тракторов. Сравнение работы тракторов производится при выполнении ими одинаковых операций. Так, например, для тракторов общего назначения это вспашка, культивация, посев яровых зерновых культур.

Для универсально-пропашных тракторов специфическими операциями являются: междурядная обработка, посев или посадка пропашных культур, уборка кукурузы или подсолнечника на силос. Также возможно выполнять расчеты для этих типов тракторов и по другим энергоёмким операциям.

Таблица 2

Выбор типов и марок тракторов

№ операции	Наименование сельскохозяйственных операций	Объем работ, га	Трактор ____		Трактор ____		и т.д.
			сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	
1	2	3	4	5	6	7	8
ИТОГО:		—	—		—		
Прямые эксплуатационные затраты, руб.							

Таблица 2 заполняется в следующем порядке:

В графе 2 указывается наименование приведенных выше операций, в графе 3 – объем работ (например, 1000 га). В графах 4 и 6 и т. д. указываются сменные нормы выработки (за 7 часов).

В графах 5, 7 и т. д. проставляется количество нормо-смен, необходимое для выполнения заданного объема работ. Это определяется путем деления объема работ (графа 3) на сменную норму выработки (графа 4). После заполнения всех граф таблицы суммируется количество нормо-смен и подводится по ним итог. Выбор типов и марок тракторов, из числа предложенных заданием, производится по минимальным значениям прямых эксплуатационных затрат, которые определяются по формуле (1.1).

На основании полученных данных делается обоснованный выбор тракторов, при этом следует исключить многомарочность, учесть технологические особенности возделываемых культур, агротехнологические возможности тракторов, условия сельскохозяйственного региона.

Разработка плана механизированных работ

План механизированных работ разрабатывается на основании технологических карт на возделывание с.-х. культур на период, указанный в задании.

В расчетно-пояснительной записке приводится согласно заданию план посевных площадей и разрабатывается сводный план механизированных полевых работ (табл. 3).

В заглавной части таблицы 3 в графах 5-9 вписываются наименования сельскохозяйственных культур заданного севооборота.

В графе 1 указывается порядковый номер сельскохозяйственной операции. В графе 2 записываются все сельскохозяйственные операции в строгой календарной последовательности их выполнения. Для этого следует воспользоваться технологическими картами [6, 9, 13], где представлен перечень операций при возделывании сельскохозяйственных культур, на основании которых и разрабатывается план механизированных работ. При этом следует обратить внимание: из отдельных технологических карт необходимо составить сводный план механизированных работ, операции в котором должны располагаться в строгой календарной последовательности, причем за основу берется первое значение даты календарных сроков выполнения операции.

Таблица 3

План механизированных работ

№ с.-х. операции	Наименование с.-х. операции	Календарный период выполнения операции	Единица измерения	Площадь, занимаемая с.-х. культурами					Общий объём работ	Марка трактора		Комбайны и другие машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12

Одноименные операции по различным сельскохозяйственным культурам, отличающиеся между собой сроками выполнения, агротехническими требованиями или составом применяемых сельскохозяйственных машин, должны записываться в графу 2 как отдельные операции.

В графе 3 указываются агротехнические календарные сроки выполнения процесса (операции), а в графе 4 – единица измерения (га, т, ткм). В графах 5-9 после записи соответствующей операции проставляются цифры объема выполняемых работ в физических единицах (га, т, ткм). В графе 10 – по каждой операции и проставляется суммарный объем работ в единицах, указанных в графе 4.

В графе 13 указываются марки комбайнов, транспортных средств и других машин.

Номера, присвоенные операциям в таблице 3, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

При использовании для расчётов редакторов Excel или Access таблица 3 может быть пропущена и план работ выполнен сразу по таблице 4. В этом случае номера, присвоенные операциям в таблице 4, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

3. РАСЧЕТ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Цель выполнения раздела – изучить методы определения количественного и качественного состава машинно-тракторного парка. Изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка.

Расчет потребного количества тракторов и с.-х. машин

Расчет потребного количества тракторов, агрегатов и самоходных машин проводится отдельно по каждой марке тракторов и по самоходным машинам (комбайнам или энергетическим средствам) на период работ, указанный в задании.

В начале выписываются работы, выполняемые тракторами общего назначения (табл. 3), откуда выбираются операции, выполняемые одной маркой трактора, и записываются в таблицу 4. Затем операции, выполняемые другой маркой трактора и т.д.

С этой целью составляется таблица 4. В этой таблице графы 1, 2, 3, 4, 5 заполняются на основании плана механизированных работ.

Количество рабочих дней (графа 6) определяется на основании календарных сроков, при этом учитывается первый и последний день. Влияние метеоусловий, выходных дней и простоев по

причине отказов учитывается поправочными коэффициентами. Значения коэффициентов принимаются следующие. При продолжительности технологической операции от 5 до 10 дней равным 0,9; от 10 до 15 дней – 0,85-0,90 и свыше 15 дней – 0,80-0,85. Количество рабочих дней указывается в целых числах.

Длительность рабочего дня (графа 7) указывается в часах и устанавливается с учетом характера выполняемых работ. Она может быть равна продолжительности одной смены (7 часов), двух или трех смен (соответственно 14, 21 час). Общее количество часов работы одного агрегата – графа «Всего часов» (графа 8) определяется путем перемножения продолжительности рабочего дня на количество дней работы одного агрегата на данной операции.

Марка с.-х. машины и их количество (графы 9 и 10) по каждой операции указывается для той же марки трактора, которому распределена данная операция. При выборе с.-х. машин в первую очередь учитывается выполнение агротехнических требований. Количество машин в агрегате должно отвечать требованиям по составлению агрегатов [1, 2, 3, 8]. При необходимости указывается сцепка.

Например, состав агрегата для ранне-весеннего боронования, выполняемого трактором ХТЗ-150-03, должен быть записан: ХТЗ-150-03 + СГ-21А + 44 БЗСС-1.0. При составлении агрегатов необходимо согласовывать с.-х. машины по ширине захвата (например, при посеве пропашных культур и последующих обработках); по производительности на последующих операциях и т.д.

Количество обслуживающего персонала, работающего на данном агрегате в одну смену, указывается в графах 11 и 12.

Удельный расход топлива (кг на 1 га, 1 т, 1 ткм) при выполнение данной операции и сменная норма выработки (графы 13 и 14) принимается на основании данных типовых норм [12] или из приложения 4.

Таблица 4

Расчет количества агрегатов с тракторами (комбайнами) марки _____

| № с.-х. операции | | 1 | | |

С допустимой для расчетов точностью норма выработки за смену и расход топлива могут быть определены по следующим формулам.

Сменная производительность:

$$W_{CM} = 0{,}1 \cdot B_{AT} V_P \cdot T \cdot \tau \text{, га/см,} \qquad (3.1)$$

где B_{AT} – ширина захвата агрегата, м;

V_P – рабочая скорость агрегата, км/ч;

T – продолжительность смены, ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

Удельный расход топлива определяется в соответствии с формулой:

$$Q = \frac{G_q^I}{W_{CM}} \cdot T \text{ , кг/га ,} \qquad (3.2)$$

где G_q^I – часовой расход топлива двигателя трактора при выполнении с.-х. операции:

Часовой расход топлива двигателя трактора на вспашке и плоскорезной обработке составляет 90-95%, часового расхода по паспортным данным, а на культивации, посеве и др. операциях составляет 80-90% от часового расхода по паспортным данным.

Сменная норма выработки, указанная в типовых нормах [12], приведена из расчета 7-ми часовой рабочей смены. Часовая норма выработки (графа 15) определяется путем деления сменной нормы выработки, указанной в [12] на длительность смены, равной 7 часам.

В том случае, если длительность смены отличается от семичасовой, выработка за смену пересчитывается через часовую выработку.

При отсутствии данных по удельному расходу топлива и сменной норме выработке норма выработки агрегата и удельный расход топлива определяется по методике, изложенной в [8].

Дневная выработка (графа 16) определяется путем перемножения сменной выработки на количество смен.

Выработка агрегата за агротехнический срок (графа 17) определяется путем перемножения общего количества часов (графа 8) при выполнении данной операции на часовую норму выработки (графа 15). Потребное количество тракторов (графа 18) на выполнение полного объема работ определяется как отношение объема

работ по данной операции (графа 4) к выработке за агротехнический срок (графа 17). При расчетах количество тракторов часто получается дробной величиной. В связи с этим необходима корректировка, которая проводится округлением до ближайшего целого числа (как правило, в большую сторону). Также корректировка может осуществляться путём изменения числа дней работы агрегата в пределах установленного агротехническими требованиями календарного периода, изменением длительности рабочей смены с последующими перерасчетами.

Общее количество с.-х. машин необходимых, для выполнения операции (графа 19), определяется перемножением количества с.-х. машин (данные граф 9 и 10) в агрегате на количество тракторов (графа 18). Потребное количество механизаторов для выполнения сельскохозяйственной операции (графа 20) определяется путем умножения количества механизаторов, обслуживающих агрегат (графа 11), на количество тракторов (графа 18) и на количество смен. Количество вспомогательных рабочих определяется аналогично.

Потребное количеств нормо-часов, нормо-смен и нормо-дней (графы 22, 23, 24) определяется путем деления общего объема работ (графа 4) соответственно на часовую, сменную и дневную нормы выработки (соответственно графы 14, 15, 16) .

Расход топлива на выполнение технологической операции определяется путем умножения удельного расхода топлива (графа 13) на объем работ в физических единицах (графа 4).

Объем работ в условных эталонных гектарах определяется путем умножения количества нормо-часов (графа 23) на эталонную часовую выработку трактора (прил. 3)

Общий объем работ на выполнение технологической операции для комбайнов (энергетических средств типа КСК-100М, СК-5НЭ или ДОН-1500Б, ACROS, VECTOR и др.) определяется в физических гектарах. При скашивании объем работ умножается на коэффициент 0,7. При подборе коэффициент равен 1.

Определение необходимого количества тракторов (комбайнов)

После составления таблицы 4 определяется общее количество тракторов (комбайнов), необходимое для выполнения заданного

объема работ. С этой целью производится построение графиков машиноиспользования отдельно для каждой марки трактора или комбайна (энергетического средства).

Графики загрузки тракторов могут быть в основном двух типов.

Первый тип графиков – таблично-линейный график (рис. 1).

В первой и второй графах указываются операции из таблицы 4, причём каждая только один раз, в следующей графе – марки тракторов, комбайнов и других энергосредств, которыми будут выполняться операции. Здесь может быть указан и полный состав машинно-тракторного агрегата.

Определение минимально необходимого количества тракторов или комбайнов производится по месяцам наиболее напряженных полевых работ, т.е. с апреля по сентябрь, имея в виду, что в другие менее напряженные периоды техники будет достаточно. Построение графика производится в масштабе (например 1 день – 2-5 мм), на графике вертикально наносятся линии пятидневок. Работа машин по каждой операции обозначается в виде горизонтальных линий, положение и размеры которых определяются сроками начала и продолжительностью выполнения технологической операции. Над линией указывается число тракторов или комбайнов, определённых в таблице 4, а под линией номер этой технологической операции.

Второй тип графиков – это диаграмма (рис. 2).

Построение графиков проводится следующим образом: по оси абсцисс откладывается количество календарных дней по месяцам, в течение которых должен быть выполнен заданный объем работ. По оси ординат – количество тракторов (комбайнов), необходимых для выполнения данной операции. В целях удобства пользования графиками сельскохозяйственные операции отмечаются порядковым номером, присвоенным в таблице плана механизированных работ.

После построения графиков машиноиспользования определяется максимальная потребность в технике по каждой пятидневке для каждой марки энергосредства (строка *ИТОГО*).

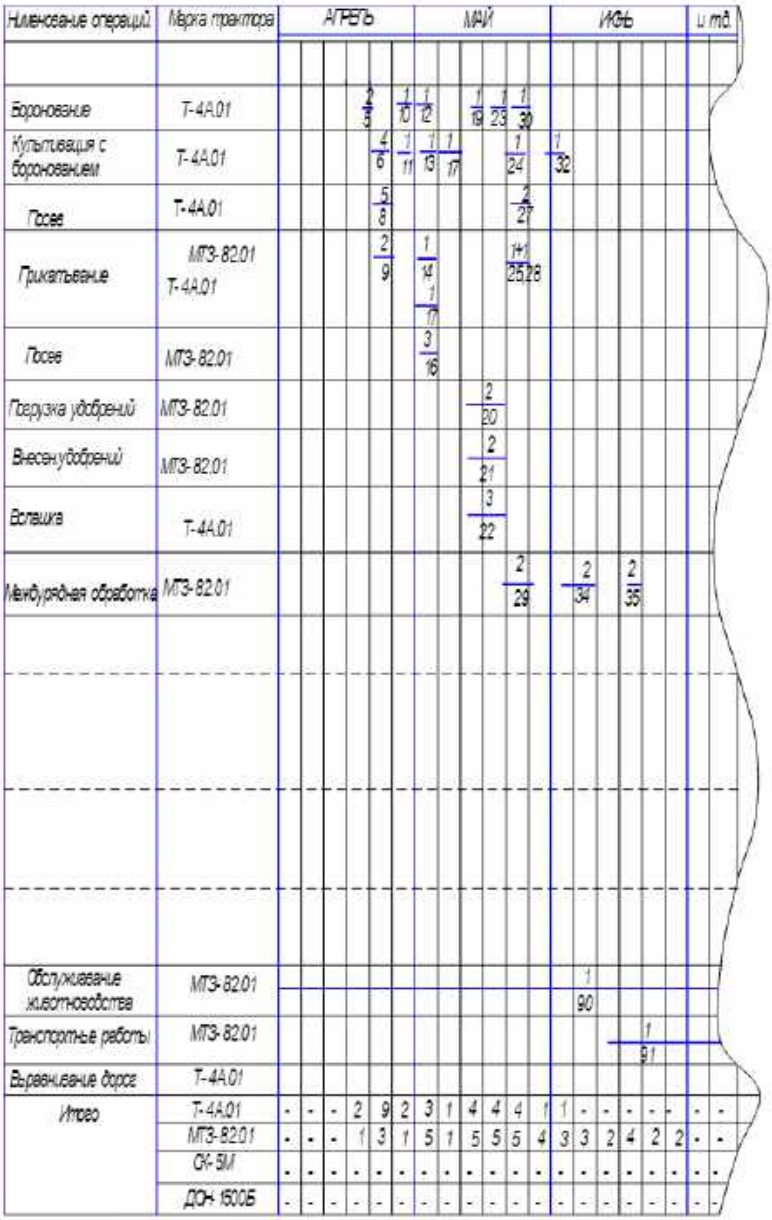


Рис. 1. График машиноиспользования (таблично-линейный)

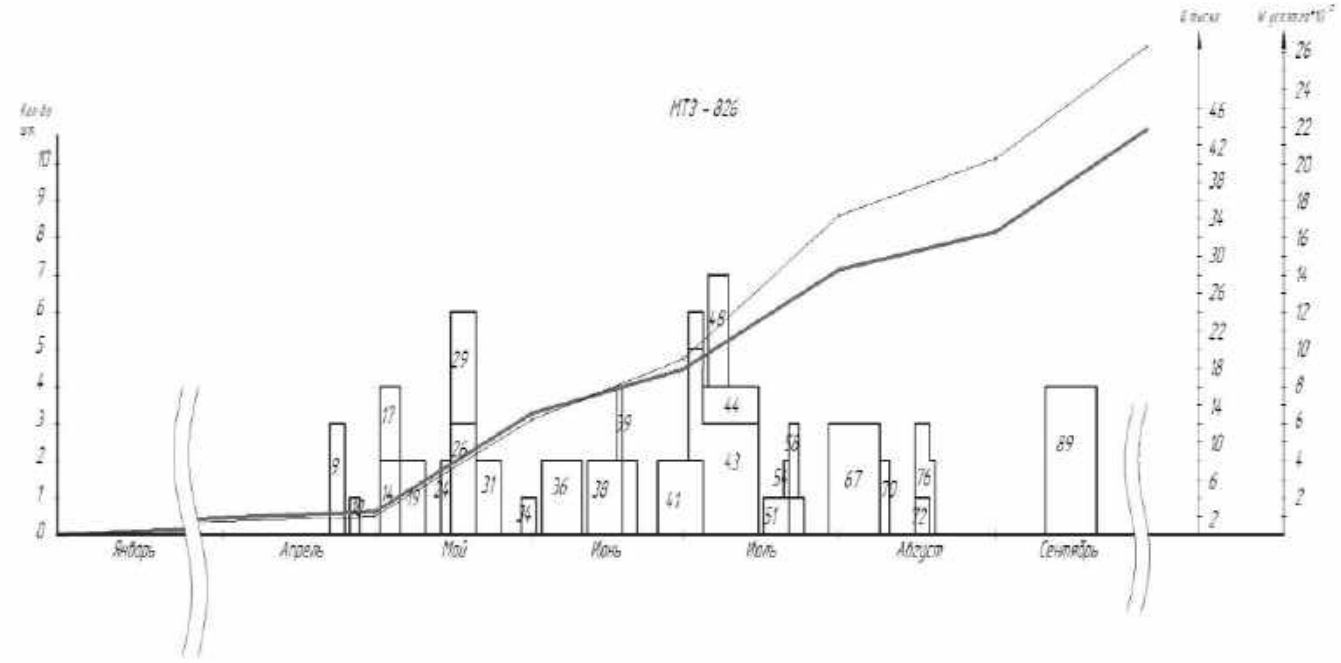


Рис. 2. График машиноиспользования (диаграмма)

Как правило после построения графики имеют некоторое количество пик и провалов, что свидетельствует о неравномерной загрузке тракторов, поэтому, после построения графиков проводят их анализ, а затем корректировку по минимальному количеству тракторов.

При этом используются следующие методы:

1. **Перераспределение объёмов работ между марками тракторов.** В этом случае часть работ передаётся для выполнения тракторам другой марки, при условии соответствия агротехническим требования и незагруженности в этот период. На рисунке 1 это, например, работа 10 (культивация с боронованием), часть объёма которой может быть передана трактору другой марки.

2. **Изменение длительности выполнения работ в пределах агротехнических сроков**. Так, например, потребное количество тракторов после построения операций 11, 15 и 16 составляет 8 шт. (рис. 2). Корректировка была проведена следующим образом. Количество рабочих дней было уменьшено, но увеличено количество тракторов на выполнении этой операции, т.е. использован третий метод. Иными словами операция 11 выполнена в более короткие сроки, но большим количеством агрегатов. Это позволило высвободить два трактора на период начала 15-ой операции. В результате этого операцию 15 начинают выполнять уже 6 тракторов, вместо 4. К моменту начала 16-ой операции эти 6 тракторов выполнят объем работ значительно больший, чем в первом случае, и после начала 16-ой операции, где будут работать 4 трактора, два трактора продолжат работу на 15-ой операции. После окончания выполнения 16-ой операции 2 трактора возвращаются на выполнение операции 15 и заканчивают. В итоге применения такого решения в данном примере потребное количество тракторов сократилось.

3. **Изменение длительности рабочего дня** (увеличивается количество смен при наличии механизаторов). Если имеется возможность изменить длительность рабочего дня, например, при выполнении операции 16 имеется возможность организовать работу в две (три) смены или увеличить продолжительность смены (это позволяет сократить количество тракторов), то корректировка операций 11, 15 и 16 в предыдущем примере может быть получена как на рис. 3 б. В результате таких преобразований можно значительно сократить количество тракторов.

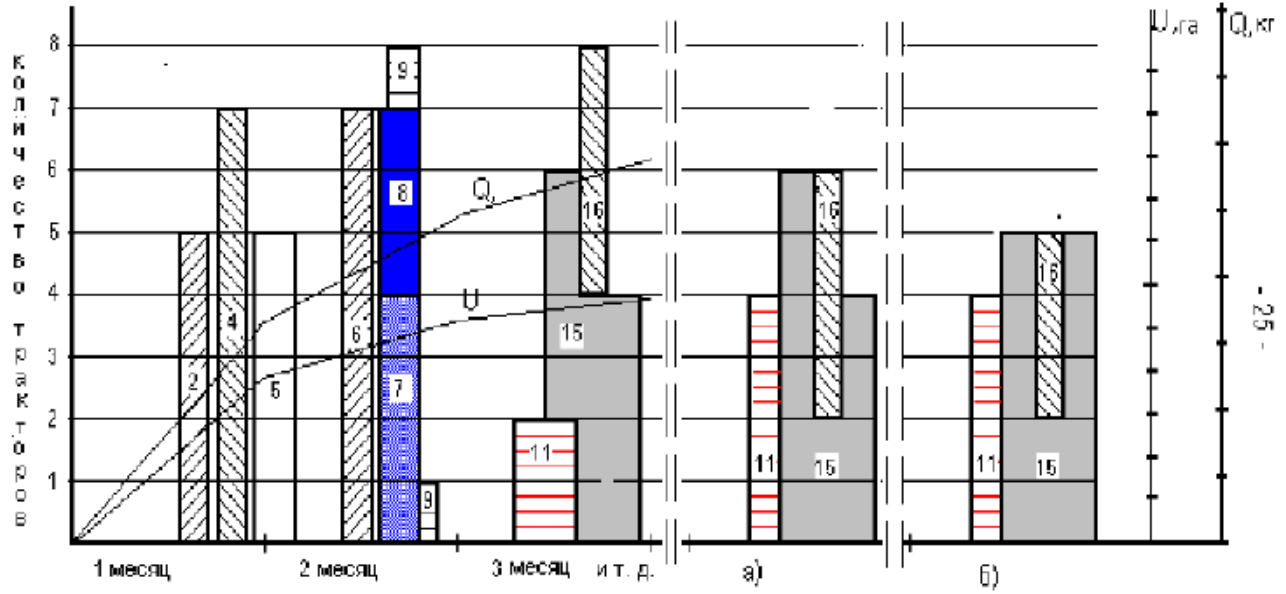


Рис. 3. Последовательность корректировки графиков машиноиспользования.

Все изменения по количеству тракторов на графиках должны сопровождаться соответствующими изменениями в таблице 4. После корректировки графиков машиноиспользования и завершения расчетов по каждой марке трактора (комбайна) определяется суммарный расход топлива, объем работ в условных эталонных гектарах, а также общее количество нормо-часов, нормо-смен и нормодней.

Потребное количество тракторов определяется после корректировки графиков по максимальным значениям.

Определение состава машинно-тракторного парка

Количество тракторов (комбайнов) и с.-х. машин для выполнения заданного объема определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4 и окончательно после корректировки графиков машиноиспользования. Результаты сводятся в таблицу 5.

Таблица 5

Состав машинно-тракторного парка

Наименование машины	Марка машины	Кол-во	Выработка, га, т, ткм		Расход топлива, кг	
			общая	на 1 машину	общий	на 1 усл. эт га
1	2	3	4	5	6	7

Необходимое количество с.-х. машин подсчитывается с учетом повторного их использования на одноименных операциях. Общая выработка на машины каждой марки подсчитывается путем суммирования соответствующих объемов одноименных работ. Выработка на одну машину определяется путем деления общей выработки на потребное количество машин. Число плугов для тракторов принимается по одному на трактор.

4. РАЗРАБОТКА ГОДОВОГО ПЛАНА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МТП

Цель выполнения – изучить методы проектирования потребного количества ТО, трудоёмкости проведения ТО и ремонтов машинно-тракторного парка.

Разработка годового плана ТО и ремонтов

При разработке плана технических обслуживаний и ремонтов используется графо-аналитический метод.

Данный метод позволяет определять количество ТО и ремонтов за каждым трактором на протяжении всего расчетного периода.

Исходными данными для разработки плана технического обслуживания тракторов является:

-техническое состояние каждого трактора к началу планируемого периода, которое как правило устанавливается по расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта;

- периодичность технических обслуживаний и ремонтов для каждой марки тракторов;

- планируемая выработка за месяц каждой машиной.

Техническое состояние тракторов, определяемое по расходу топлива каждым трактором от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта устанавливается следующим образом.

Средний срок службы машин составляет 8 лет. В хозяйствах тракторный парк должен обновляться примерно на 10-12 процентов ежегодно. Поэтому, с учетом проведенных капитальных ремонтов может быть принято, что 15-20 процентов тракторов прошли капитальный ремонт или новые. Примерно столько же отработали год, два и т.д., результаты заносятся в таблицу 6.

Таблица 6

Техническое состояние машин

Марка трактора	Хоз. номер	Расход топлива от начала эксплуатации или капитального ремонта, кг
1	2	3

Для определения выработки и расхода топлива по каждому трактору за расчетный период составляется таблица 7. По графикам машиноиспользовния (прил. 6, рис. П.6.1 или рис. П.6.2) определяется эксплуатационное количество тракторов по каждому месяцу, а по расчетным данным таблицы 4 – общий объём работ в условных эталонных гектарах и общий расход топлива за тот же период. Если какая-либо операция выполняется в двух и более смежных месяцах, то выработка и расход топлива по месяцам распределяется согласно количеству рабочих дней в том и другом месяце.

Средняя годовая нагрузка на 1 условный эталонный трактор составляет 1200-1300 часов. В случае недогруженности трактора допускается догрузка до 30%.

Периодичность технических обслуживаний и ремонтов установлена нормативными материалами [1, 2, 9] и инструкцией по эксплуатации трактора.

Для разработки плана технических обслуживаний и ремонтов (табл. 8) строится линейный график периодичности ТО и ремонтов для каждой марки тракторов (рис. 4).

Построение графика проводится в следующей последовательности.

Проводится прямая линия. Начало линии означает начало эксплуатации трактора после капитального ремонта (КР) или как нового (принимается за 0). Окончание линии принимается за очередной капитальный ремонт (КР). В связи с тем, что в период от начала эксплуатации до капитального ремонта проводится два средних ремонта – СР, то линия делится на три равных части с соответствующими пометками. Между средними ремонтами проводятся по одному ТО-3 (рис. 4.а).

Для тракторов, решение о постановке на производство принято до 1 января 1982 г. в период между ТО-3 проводятся 3 ТО-2. Поэтому между техническими обслуживаниями №3 (ТО-3) проводится три технических обслуживания №2 (ТО-2) , а между каждыми обслуживаниями №2 – три технических обслуживания №1 (ТО-1) (рис. 4,б). На этой шкале против меток, обозначающих номера технических обслуживаний, записывается соответствующие нормативные значения количества топлива (в кг), при которых проводятся эти ТО и ремонты.

Таблица 7

Распределение объема работ по отдельным тракторам

Месяц	Тракторы (марка)										Тракторы (марка)					
	Объем работ усл. эт. га.	Планируемый расход топлива, кг	Хоз. №__		Хоз. №__		Хоз. №__		Хоз.№__		Объем работ усл. эт. га.	Планируемый расход топлива, кг	Хоз. №__		Хоз. №__	
			выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг			выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

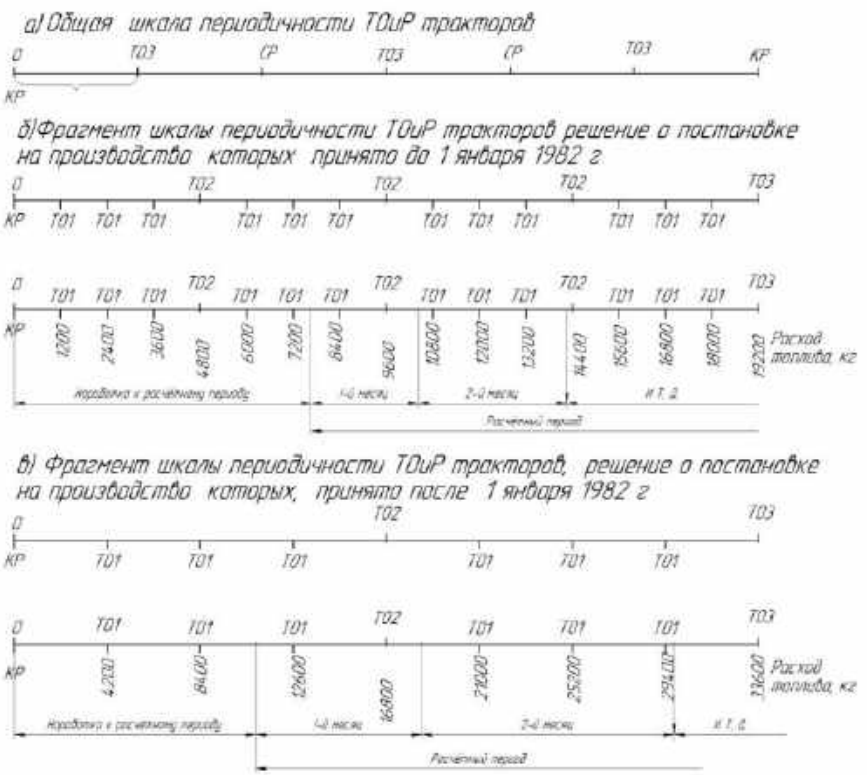


Рис. 4. Шкала периодичности ТО и ремонтов

Для тракторов, решение о постановке на производство принято после 1 января 1982 г. в период между ТО-3 проводятся 1 ТО-2, а между каждыми обслуживаниями №2 – три технических обслуживания №1 (ТО-1) (рис.4, в).

План технических обслуживаний (табл. 8) составляется следующим образом.

На графике периодичности находится точка, соответствующая расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта для данного хозяйственного № трактора. Затем от этой точки откладывается расход топлива за первый планируемый месяц работы (рис. 4, б или 4,в) участок 1-й месяц). Все ТО и ремонты, находящиеся между первой и второй точками, записываются в соответствующие графы таблицы 8 этого месяца.

От второй точки откладывается расход топлива за второй месяц и подсчитываются все ТО и ремонты за второй месяц (Рис. 4б или 4в участок 2-й месяц) и т.д. Таким образом, определяется количество ТО за расчетный период по каждому хозяйственному № трактору конкретной марки или модели.

По окончании расчетов определяются итоговые результаты по каждому трактору в соответствии с хозяйственным № данной марки.

На листе графической части строится план технических обслуживании и ремонтов для каждого трактора (рис. 5).

При использовании графо-аналитического расчёта отдельно строятся системы координат (рис. 5), на шкале абсцисс откладываются календарные сроки работ, по шкале ординат – шкала ТО и ремонтов с указанием количества топлива. Далее находится точка, соответствующая начальному расходу топлива на начальный календарный срок. После, согласно данным таблицы 7 отмечается точка, показывающая, каким стал расход топлива (нарастающим итогом) после выполнения операции или нескольких операций в течение месяца. Количество ТО и ремонтов находится при пересечении выстраиваемой линии с линиями шкалы периодичности ТО и ремонтов. Такие графики строятся для каждого трактора (по каждому хозяйственному № трактора). В нижней части графика считается необходимое число ТО и ремонтов по каждой марке трактора. При этом необходимо учесть, что при достижении расхода топлива значения соответствующего капитальному ремонту, расход топлива принимаем равным нулю и расчёт начинается от начала шкалы.

В расчетно-пояснительной записке по итогам графо-аналитического расчёта определения количества ТО и ремонтов, составляется таблица 8.

Вид листа графической части – график или табличная форма – уточняется с руководителем проектирования.

Таблица 8

Годовой план проведения технических обслуживаний и ремонтов тракторов

Хоз. № трактора	Расход топлива от начала эксплуатации или КР	ЯНВАРЬ							ФЕВРАЛЬ							...	Всего за год					
		Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты		Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты		...	Расход топлива	Техническое обслуживание			Ремонты	
		За месяц	Нарастающим итогом	№1	№2	№3	Капитальный	Средний	За месяц	Нарастающим итогом	№1	№2	№3	Капитальный	Средний		Плановый расход	№1	№2	№3	Капитальный	Средний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

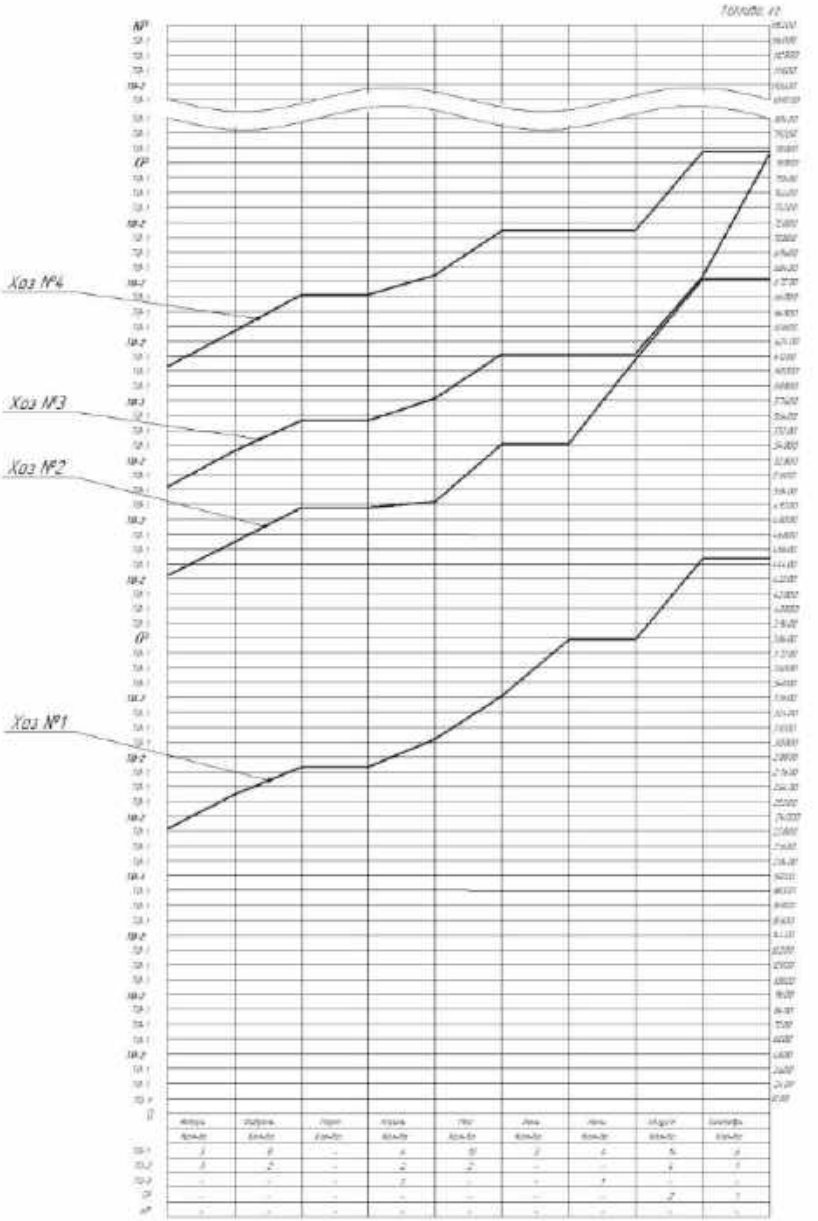
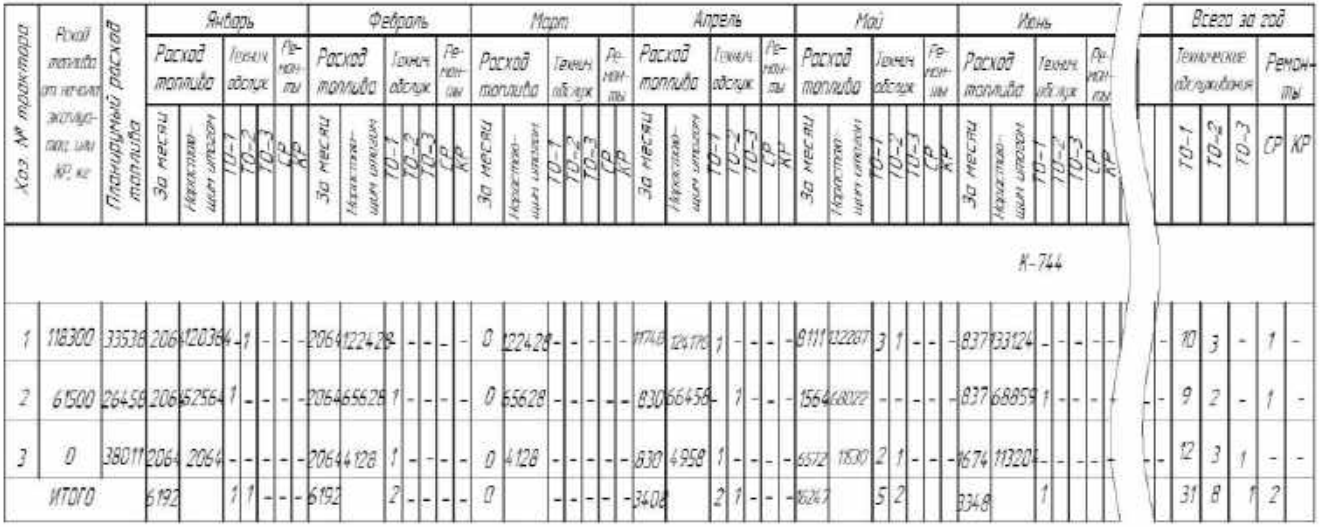


Рис. 5. График ТО и ремонтов тракторов



Хоз. № трактора	Ресурс топлива на начало эксплуатации, кг	Плановый расход топлива	Январь						Февраль						Март						Апрель						Май						Июнь						Всего за год				
			Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты	Техническое обслуживание			Ремонты	
			За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	За месяц	Нарастающим итогом	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР КР	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СР	КР
К-744																																										
1	118300	33538	2064	120364	1	-	-	- -	2064	122428	-	-	-	- -	0	122428	-	-	-	- -	1776	124776	1	-	-	- -	3111	127887	3	1	-	- -	837	128724	-	-	-	- -	10	3	-	1	-
2	61500	26458	2064	62564	1	-	-	- -	2064	65628	1	-	-	- -	0	65628	-	-	-	- -	830	66458	1	-	-	- -	1564	68022	-	-	-	- -	837	68859	1	-	-	- -	9	2	-	1	-
3	0	38011	2064	2064	-	-	-	- -	2064	4128	1	-	-	- -	0	4128	-	-	-	- -	830	4958	1	-	-	- -	1572	6530	2	1	-	- -	1674	8204	-	-	-	- -	12	3	1	-	-
ИТОГО			6192		1	1	-	- -	6192		2	-	-	- -	0		-	-	-	- -	3408		2	1	-	- -	6267		5	2			3348		1				31	8	1	2	

Рис. 6. План-график ТО и ремонтов тракторов (табличная форма)

Определение годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП является:

- количество технических обслуживаний, капитальных и средних ремонтов по отдельным маркам тракторов и комбайнов;
- количество послесезонных технических обслуживаний и средних ремонтов за несложными сельскохозяйственными машинами;
- количество машин и механизмов, подлежащих длительному хранению в нерабочий период;
- трудоёмкость каждого вида ремонта, технического обслуживания и хранения машин (приложение 5).

Для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП составляется таблица 9.

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию тракторов и комбайнов служат результаты расчётов таблицы 9 (количество технических обслуживаний и ремонтов, проводимых всего за год).

Трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов определяется по количеству и трудоёмкости каждого вида обслуживания или ремонта.

Годовой объём работ по текущему ремонту (устранение неисправностей) определяется как 50% от суммы трудоёмкости всех технических обслуживаний.

Годовой объём работ по хранению тракторов и комбайнов (подготовка к хранению, обслуживание в период хранения и снятие с хранения) определяется по количеству машин, устанавливаемых на хранение и норм затрат времени на хранение каждого вида машин.

Расчет исполнителей по техническому обслуживанию МТП

Для обеспечения производственного процесса технического обслуживания машин в штате мастерской должны быть предусмотрены следующие категории работников: мастер наладчик и мастер диагност.

Необходимое число производственных рабочих по видам работ может быть определено по формуле:

$$M = \frac{T}{\Phi_{ДГ} \cdot K_{П}} \quad (4.1)$$

где T – годовая трудоемкость работ, чел.ч;

$\Phi_{ДГ}$ – действительный годовой фонд рабочего времени, ч;

$K_{П}$ – коэффициент, учитывающий повышение производительности труда ($K_{п}$=1,05).

Действительный годовой фонд рабочего времени рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{дг} = (Д_К - Д_П - Д_В - Д_О)П_С \times \eta_у \quad (4.2)$$

где $Д_к$, $Д_п$, $Д_в$, $Д_о$, – количество календарных, праздничных, выходных, отпускных дней;

$П_с$ – продолжительность смены, ч;

$\eta_у$ – коэффициент потерь рабочего времени по уважительным причинам ($\eta_у$=0,95)

По результатам расчётов делаются выводы о необходимом количестве мастеров-наладчиков, слесарей и мастеров-диагностов.

Таблица 9

Объем работ по техническому обслуживанию машинно-тракторного парка

Наименование и марка машин	Количество машин	Ремонты и техническое обслуживание																							
		капитальный			сезонный			Текущий (устранение. техник. неиспр.)	№1			№2			№3			сезонное			хранение			
		Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч		
		одного	общая		одного	общая		общая	одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Итого					-				-			-			-			-			-				

33

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ

Цель выполнения раздела – изучить и освоить методы технико-экономического расчета и анализа показателей использования машинно-тракторного парка.

Общий объем механизированных работ определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Площадь пашни принимается согласно заданию.

Коэффициент интенсивности обработки пашни находится из отношения общего объёма механизированных работ к площади пашни.

Количество усл. эт. тракторов, количество комбайнов, количество трактородней, количество трактороемен определяется из таблицы 4.

Среднегодовая выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству усл. эт. тракторов

Среднесменная выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству трактороемен.

Среднедневная выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству трактородней.

Общий расход топлива определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Удельный расход топлива находится из отношения общего расхода топлива к количеству усл. эт. тракторов.

Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 9.

Потребное количество механизаторов, мастеров-наладчиков и мастеров-диагностов определяется по результатам расчетов, полученных в разделах 2 и 3.

На основании проведённых расчётов заполняется таблица 10.

По результатам расчёта технико-экономических показателей использования МТП необходимо сделать выводы.

Таблица 10

Технико-экономические показатели использования МТП

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Общий объём механизированных работ, усл. эт. га	
2.	Площадь пашни, га	
3.	Коэффициент интенсивности обработки пашни, усл. эт. га/га	
4.	Количество тракторов усл. эт., шт. по маркам: (физич.) шт.	
5.	Количество комбайнов, общее, шт. по маркам: шт.	
6.	Количество трактородней – общее, тр. дней по маркам:	
7.	Количество трактороемен – общее тр. смен по маркам:	
8.	Среднегодовая выработка на 1усл. эт. трактор, усл. га по маркам:	
9.	Среднесменная выработка на 1усл. эт. трактор, усл. га по маркам:	
10.	Среднедневная выработка на 1усл.эт трактор, усл.га по маркам:	
11.	Расход топлива общий, кг	
12.	Удельный расход топлива: усл. эт. трактором, кг/ усл. эт. га	
13.	Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту, чел. – ч	
14.	Коэффициент сменности	
15.	Потребное количество механизаторов, чел.	
16.	Потребное количество мастеров-наладчиков, чел.	
17.	Потребное количество мастеров-диагностов, чел.	

6. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выводы и предложения должны содержать краткие выводы по результатам расчётов в курсовой работе и по основным технико-экономическим показателям работы (табл. 10), также и предложения по использованию результатов разработки.

7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

Законченные курсовые работы в установленный срок сдаются студентами руководителю, который проверяет качество работы и ее соответствие объему, указанному в задании. После проверки преподаватель подписывает чертежи и пояснительную записку, принимает решение о допуске к защите и назначает дату.

Студент в обязательном порядке защищает курсовую работу перед комиссией из трех квалифицированных преподавателей. Состав комиссии определяет заведующий кафедрой. Защита производится вне расписания учебных занятий, согласно вывешенному на кафедре графику защиты

Защита курсовой работы проводится по графику, в специально отведенное время. Защита проводится в виде доклада студента по основным разделам проекта (до 5 мин.) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих (до 7 мин). Доклад сопровождается пояснениями по листам графической части, студент (по согласованию с руководителем) может представить презентацию проекта в виде слайдов.

Подготовка к защите сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы проекта, а также специально подготовленные плакаты или слайды. При подготовке доклада и презентации следует придерживаться общих требований принятых в академии [11].

Рекомендуется следующая последовательность изложения: тема курсовой работы; постановка задачи и проблемы; анализ состояния изучаемого вопроса; обоснование и принятие решений по разделам курсовой работы; выводы и предложения для производства.

Для подготовки к защите рекомендуется ответить на следующие контрольные вопросы.

1. Как производится выбор рациональных марок тракторов?

2. Как определить производительность агрегата при выполнении технологической операции?

3. Как определяется потребное количество тракторов и сельскохозяйственных машин на выполнение технологической операции?

4. Как определить объём работ в условных эталонных гектарах?

5. Какие методы корректировки графиков машиноиспользования используются?

6. Как рассчитывается выработка за агротехнический срок?

7. Какова последовательность построения графиков ТО?

8. Как определить количество ТО и ремонтов с использованием графиков?

9. Как находится трудоёмкость проведения ТО, ремонтов и хранения?

10. Как определяется удельный расхода топлива?

Ответы на вопросы необходимо формулировать четко, ясно и по существу.

С учетом содержания, качества оформления и защиты работы комиссия оценивает защиту по пятибалльной шкале.

На оценку влияют:

- обоснованность принятых решений;

- правильность расчетов и качество оформления пояснительной записки (оценка выставляется преподавателем, проверяющим пояснительную записку);

- качество доклада;

- правильность и полнота ответов на вопросы.

Комиссия оценивает курсовые работы по следующим критериям: соответствие содержания и темы; полнота решения поставленных задач; уровень выполнения расчетов; достоверность полученных результатов; применение информационных технологий; качество оформления и соответствие требованиям; качество доклада; правильность и полнота ответов на вопросы.

Оценку «отлично» рекомендуется выставлять студенту, если работа выполнен на заданную тему, разделы разработаны грамотно, решения обоснованы и подтверждены расчетами. Пояснительная записка и графическая часть выполнены качественно. Студент сделал логичный доклад, раскрыл особенности, проявил большую эрудицию, аргументировано ответил на 90-100% вопросов, заданных членами комиссии.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если работа выполнена в соответствии с заданием, расчеты выполнены грамотно, но их обоснование не является достаточно глубоким. При этом ошибки не имеют принципиального характера, а проект оформлен в соответствии с установленными требованиями с небольшими отклонениями. Студент сделал хороший доклад и правильно ответил на 70-80% вопросов

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если работа выполнена в полном объеме, но содержит недостаточно убедительное обоснование, существенные технические ошибки, свидетельствующие о проблемах в знаниях студента, но в целом не ставящие под сомнение его подготовку по дисциплине. При этом пояснительная записка, графическая часть выполнены небрежно. Студент не раскрыл основные положения своего проекта, ответил правильно на 50-60% вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если работа выполнена не в полном объеме, содержит грубые ошибки в расчетах и принятии решений, количество и характер которых указывает на недостаточную подготовку. Доклад сделан неудовлетворительно, содержание основных разделов не раскрыто; качество оформления работы низкое, студент не правильно ответил на большинство вопросов, показал слабую подготовку.

Студентам, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе, предоставляется право выполнения работы по новой теме, или по решению руководителя и заведующего кафедрой, доработки прежней темы и определяется новый срок для ее защиты. Повторная защита курсовой работы допускается не более двух раз.

При выставлении оценки комиссия учитывает наличие у студента знаний и умений пользоваться научными методами познания, творческого подхода к решению инженерной задачи, владения навыками находить теоретическим путем ответы на сложные вопросы в области производственной и технической эксплуатации машин.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка /А.А. Зангиев, А. В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М. : КолосС, 2005. – 320 с.

2. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А Иофинов, Г.П. Лышко. – М. : Колос, 1984. – 351с.

3. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка : учебник / А.А Зангиев, Г.П. Лышко А.Н. Скороходов. – М. : Колос, 1996. – 320с.

4. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебник / А. Д. Ананьин, В М. Михлин, И. И. Габитов. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

5. Курочкин, И.М. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие / И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2012. – 200 с.

6. Васин, В.Г. Растениеводство : учебное пособие / В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.Н. Ельчанинова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

7. Гниломёдов, В.Г. Хранение сельскохозяйственной техники : учебное пособие / В.Г. Гниломёдов, А.А Кудашкин. – Самара, 2005. – 120с.

8. Кузнецов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка : методические указания / С.А. Кузнецов, В.М. Янзин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. – 35с.

9. Разумов, И.Н. Справочный материал к методическим указаниям по дисциплине эксплуатации машинно-тракторного парка / И.Н. Разумов. – Кинель. 1987. – 57 с.

10. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве : справочник – М. : Росинформагротех, 2008. – 316 с.

11. Петрова, С.С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / С.С. Петрова, Г.С. Бухвалов, С.В. Машков, А.П. Быченин, С.В Денисов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010.– 34с.

12. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М. : Росинформагротех, 2001. – 190 с.

13. Федеральный реестр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. – М. : Информагротех, 2005.– 565 с.

14. Каталог сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа – свободный: http://www.agri-tech.ru/catalog/

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Форма задания (пример)

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу по дисциплине
ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Студенту _____
(Фамилия, Имя, Отчество)

Тема: Проектирование рационального состава МТП
и его технической эксплуатации для хозяйства площадью 3480 га

Исходные данные на курсовую работу

Сельскохозяйственные культуры	Площадь, га	Плановая урожайность продукции	
		основной	побочной
1 Пар	730	-	-
2 Ячмень	640	16	16
3 Оз. рожь	860	32	35
4 Просо	310	16	21
5 Подсолнечник	550	14	-
6 Мн. Травы	390	-	-

Марки тракторов для выбора:
общего назначения: К-744Р, ХТЗ-150-03
универсально-пропашные: МТЗ-82.1, ЮМЗ-6АКЛ
Группы норм выработки: на пахотные работы – 3
на непахотные работы – 4
Средняя длина гона _____1250 м
Средняя длина ездки внутри бригады _____8 км
По хозяйству в целом _____12 км

Задание выдано «____» _____20___г.
Руководитель _____ _____
(подпись) (расшифровка подписи)

Приложение 2

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

кафедра «Технический сервис»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка»

Тема: _____
_____

Выполнил:
Студент ___ курса
Группы ____
Форма обучения_____
направления подготовки _____
профиля подготовки _____

личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество полностью)

К защите допущен: _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

_____ / _____ /
_____ / _____ /
Оценка _____ _____ / _____ /
(цифрой и прописью) (подписи членов комиссии) (расшифровка подписи)

Самара 20__

Приложение 3
Таблица П. 3.1

Эталонная сменная выработка и
коэффициенты перевода физических тракторов в условные
(эталонный трактор ДТ-75) (*для учебного пользования)

Тяговый класс, кН	Марка трактора	Мощность двигателя, кВт	Значение коэффициента перевода, у.э. га	Эталонная сменная норма выработки, у.э. га
1	2	3	4	5
80	John Deere 9630	386	3,2	
80	К-744Р3	287,0	3,00	21,0
80	К-745	309,0	3,00	21,0
60	Buhler Versatile 2375	280	3,00	21,0
60	А-600	220,6	2,90	20,3
60	МТЗ-4520	336,0	2,90	20,3
60	John Deere 8530	236	2,90	20,3
50	К-701	220,6	2,70	18,9
50	К-701М	242,6	2,70	18,9
50	К-744	257,0	2,70	18,9
50	К-744Р2	257	2,70	18,9
50	К-744Р-04	184	2,70	18,9
50	К-744Р-05	220	2,70	18,9
50	МТЗ-3022	220,6	2,70	18,9
50	К-5280АТМ	205,0	2,70	18,9
50	МТЗ-2822	206,0	2,70	18,9
50	Т-250	183,8	2,70	18,9
50	New Holland T8040	248	2,70	18,9
50	К-700А	158,0	2,10	14,7
50	МТЗ-2522	184,0	2,10	14,7
40	МТЗ-2022	156,0	2,00	14,0
40	МТЗ-2102	156,0	2,00	10,2
40	ВТ-150Д	110,0	1,45	10,2
40	ВТ-200	132,4	1,45	10,2
40	Т-4А	95,6	1,45	10,2
40	Т-402	110,3	1,45	10,2
40	ХТЗ-201	128,7	1,45	10,2
40	ХТЗ-17421	147	1,85	13,0
40	К-3180АТМ	132,0	1,85	13,0
40	ХТЗ-16131	132,4	1,85	13,0
40	ХТЗ-150К-12	132,4	1,85	13,0
40	ХТЗ-17221	128,7	1,85	13,0
40	ХТЗ-151К	128,7	1,85	13,0

Окончание табл. П. 3.1

1	2	3	4	5
40	ХТЗ-150-05-09	128,7	1,85	13,0
30	МТЗ-1523	114,0	1,65	11,6
30	Т-150	110,4	1,65	11,6
30	Т-150К	121,4	1,65	11,6
30	ХТЗ-150-03	110.0	1,65	11,6
30	ДТ-175С	125,1	1,65	11,6
30	ВТ-90	70	1,10	7,7
30	ВТ-100Д	88,0	1,10	7,7
30	ДТ-75М	66,1	1,10	7,7
20	ЛТЗ-155	118,0	1,35	9,5
20	МТЗ-1221	95,6	1,35	9,5
20	РТ-М-160	118,0	1,35	9,5
20	МТЗ-1025	77	1,35	9,5
20	МТЗ-1221	96.0	1,35	9,5
20	МТЗ-1523	114	1,35	9,5
20	Т-70СМ	52,9	1,00	7,0
14	МТЗ-80,	58,9	0,70	4,9
14	МТЗ-82	58,9	0,75	5,3
14	МТЗ-900	60.0	0,75	5,3
14	МТЗ-952	65.0	0,75	5,3
14	ЛТЗ-60	44,1	0,60	4,2
14	ЮМЗ-6АКЛ	44,1	0,60	4,2
14	МТЗ-592	46,0	0,60	4,2
14	МТЗ-552	42,0	0,60	4,2
9	Т-40АМ	36,8	0,50	3,5
9	Т-40М	36,8	0,50	3,5

Таблица П. 3.2

Коэффициенты перевода в эталонные единицы сельскохозяйственных тракторов

Марка трактора	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	Эксплуатационная масса трактора, кг	Рабочая скорость пахотного агрегата, км/ч	Коэффициент использования времени смены	Производительность в час сменного времени, га	Коэффициент перевода в эталонные тракторы (эталон. трактор ТЭ-150)
1	2	3	4	5	6	8
Эталон ТЭ-150	110,3	6300	8,12	0,72	1,50	1
ЗАО «Петербургский тракторный завод» (Россия)						
К-745	364,0	18800	11,00	0,51	3,27	2,18
К-744Р3	264,0	17500	9,72	0,58	2,76	1,84
К-744Р2	235,0	15680	9,25	0,61	2,51	1,67

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
К-701М	224,0	14600	9,04	0,63	2,37	1,58
К-744Р1	205,0	15060	8,02	0,64	2,29	1,53
К-744Р-05	205,0	14300	8,44	0,64	2,26	1,51
К-701	198,6	13600	8,60	0,65	2,20	1,47
К-744Р	172,0	15060	6,73	0,67	2,10	1,40
ЗАО «Агротехмаш» (Россия)						
К5220 АТМ	155,0*	9020	11,00	0,74	2,05	1,37
К5250 АТМ	165,0*	9020	11,00	0,71	2,25	1,50
К5280 АТМ	195,0*	9070	11,00	0,70	2,39	1,59
К3180 АТМ	130,0*	7000	11,00	0,77	1,77	1,18
К3160 АТМ	118,0*	7000	11,00	0,78	1,64	1,09
К3140 АТМ	103,0*	7000	9,70	0,80	1,52	1,01
ФГУП «Уралвагонзавод» (Россия)						
РТ-М-160	118,0	6300	11,00	0,79	1,49	0,99
ОАО «Камаз» (Россия)						
КамАЗ Т-215	135,0	7205	11,00	0,76	1,83	1,22
ОАО «Клаас» (Россия)						
«ATLES 946»	202,0	9026	11,00	0,69	2,43	1,62
ОАО «Липецкий тракторный завод» (Россия)						
ЛТЗ-55	36,8	2900	7,14	0,89	0,52	0,34
ЛТЗ-155	110,3	5600	11,00	0,80	1,33	0,89
ЛТЗ-60АВ	44,1	3380	7,15	0,87	0,66	0,44
ЛТЗ-55А	36,8	3075	6,56	0,89	0,56	0,37
ЛТЗ-55АН	36,8	3090	6,53	0,89	0,56	0,37
ООО «Завод Омсктрактор» (Россия)						
ЗТМ-60Л	45,6	3400	7,55	0,88	0,62	0,41
ЗТМ-62Л	45,6	3660	6,83	0,87	0,67	0,45
ООО «Владимирский моторо-тракторный завод» (Россия)						
ВТЗ-2048А	33,1	2750	6,82	0,89	0,51	0,34
Т-45А	33,1	2600	6,76	0,89	0,49	0,32
Т-30-69	22,1	2390	6,50	0,91	0,31	0,20
Т-30-70	22,1	2390	6,50	0,85	0,31	0,20
Т-30А-80	22,1	2490	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-2032А	22,1	2440	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-30СШ	22,1	2440	6,50	0,91	0,31	0,20
ВТЗ-2027	18,4	2020	6,50	0,92	0,26	0,17
ОАО «Харьковский тракторный завод» (Украина)						
ХТЗ-21042	177,9	7900	11,00	0,66	2,00	1,33
ХТЗ-17421	136,0	9040	8,87	0,71	1,65	1,10
ХТЗ-17024	132,4	8700	9,93	0,70	1,69	1,13

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
ХТЗ-150К-09	121,3	8005	9,47	0,72	1,55	1,03
ХТЗ-17221	121,3	8980	8,44	0,72	1,60	1,07
ХТЗ-16131	118,0	8260	9,88	0,71	1,62	1,08
РУП «Минский тракторный завод» (МТЗь)						
МТЗ-2022ДВ	199,1	11500	11,00	0,67	2,63	1,75
МТЗ-2522ДВ	176,0	11100	11,00	0,69	2,43	1,62
МТЗ-2022	148,6	9000	10,08	0,75	1,88	1,25
МТЗ-1523	108,3	5500	11,00	0,79	1,34	0,89
МТЗ-1221	90,4	4640	11,00	0,81	1,20	0,80
МТЗ-1222	90,4	5000	11,00	0,79	1,32	0,88
МТЗ-1021	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
МТЗ 1025	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
МТЗ-952	62,2	3920	9,55	0,85	0,89	0,60
МТЗ-950	62,2	3720	10,06	0,85	0,88	0,59
МТЗ-923	62,2	4500	8,32	0.842	0,93	0,62
РУП «Минский тракторный завод» (МТЗ)						
МТЗ-922	62,2	4400	8,51	0,843	0,92	0,61
МТЗ-920	57,4	3920	8,82	0,851	0,84	0,56
МТЗ-900	57,4	3720	9,53	0,858	0,79	0,53
МТЗ-820	57,4	3900	8,86	0,85	0,85	0,57
МТЗ-800	57,4	3700	9,59	0,86	0,79	0,52
МТЗ-82Р	57,4	3870	8,93	0,85	0,85	0,57
МТЗ-82.1	57,4	3970	8,70	0,85	0,85	0,57
МТЗ-80Х	57,4	3870	9,17	0,86	0,80	0,53
МТЗ-592	44,0	3890	6,70	0,87	0,71	0,48
МТЗ-590	44,0	3680	7,39	0,87	0,66	0,44
МТЗ-521	44,0	3670	7,22	0,87	0,70	0,47
МТЗ-520	44,0	3430	7,72	0,869	0,69	0,46
МТЗ 552	40,3	3890	6,22	0,87	0,67	0,45
МТЗ-550	40,3	3680	6,75	0,88	0,62	0,41
МТЗ-532	40,3	3410	7,09	0,87	0,65	0,43
МТЗ-530	40,3	3200	7,76	0,879	0,60	0,40
МТЗ-512	40,3	3640	6,82	0,878	0,62	0,41
МТЗ-510	40,3	3430	7,24	0,879	0,61	0,41
МТЗ-320Р	24,6	1670	9,39	0,90	0,40	0,27

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
МТЗ-310	24,6	1670	9,64	0,90	0,38	0,25
МТЗ-321	24,6	1250	11,00	0,90	0,36	0,24
ГП «Южмаш» (Украина)						
ЮМЗ-10280	73,5	4914	8,20	0,84	0,99	0,66
ЮМЗ-8085	59,0	4130	8,04	0,86	0,78	0,52
ЮМЗ-8285	59,0	4370	7,40	0,85	0,84	0,56
ЮМЗ-60АКЛ	44,5	4000	6,50	0,88	0,63	0,42
ЮМЗ-62АКЛ	44,5	4200	6,50	0,87	0,66	0,44
Фирма «John Deer»						
JD 9520	331,0	16500	11,00	0,57	3,29	2,19
JD 9420	312,0	16500	11,00	0,58	3,20	2,13
JD 9320	276,0	16500	11,00	0,61	2,98	1,99
JD 8430	225,0	12950	11,00	0,67	2,75	1,83
JD 8330	206,0	12950	10,80	0,68	2,06	1,37
JD 7930	162,5	8730	11,00	0,73	2,09	1,39
JD 7830	150,7	8600	11,00	0,74	1,98	1,32
JD 6730	138,0	8550	11,00	0,76	1,85	1,23
JD 7810	110,3	6415	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6920	110,0	6460	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6120	59,0	4560	8,67	0,86	0,98	0,66
Фирма «Buhler»						
Buhler-435	324,0	149502	11,00	0,59	3,37	2,25
Versotile-2375	275,0	12860	11,00	0,62	3,02	2,01
Фирма «Case New Holland»						
Case STX 530	395,0	22045	11,00	0,53	3,84	2,56
Case STX 430	321,0	21065	10,37	0,60	3,59	2,39
Case STX 380	283,0	18615	10,34	0,60	3,20	2,13
Case T8040	223,0	10200	11,00	0,67	2,57	1,71
Case NH MAG 305	190,0	14770	8,75	0,70	2,62	1,75
Case NH MAG 275	168,0	147,7	8,48	0,72	2,45	1,63
Case NH MAG 245	149,0	12000	8,48	0,74	2,20	1,47
Case IH 180 Puma	134,0	7540	11,00	0,78	1,79	1,19

Окончание табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Case NH MAG 215	131,0	12000	7,43	0,76	2,05	1,37
Фирма «Fendt»						
Fendt 930 Vario	221,0	9840	11,00	0,67	2,61	1,74
Fendt 926 Vario	199,0	9680	11,00	0,69	2,46	1,64
Fendt 924 Vario	176,0	9680	11,00	0,71	2,28	1,52
Fendt 920 Vario	154,0	9620	10,88	0,73	2,08	1,39
Fendt 916 Vario	132,0	9620	9,33	0,75	1,92	1,28
Фирма «McCoormick»						
McCorm XTX 215	143,0	8000	11,00	0,75	1,91	1,27
Фирма «Same Deut Fahr»						
Deutz Agr Fahr 165	125,0	7070	11,00	0,77	1,72	1,15
Фирма «Valtra»						
Valtra T 190	139,0	5950	11,00	0,76	1,84	1,23
Valtra T 170	125,0	5950	11,00	0,77	1,73	1,15
«Valtra T 161	118,0	5950	11,00	0,78	1,67	1,11

Приложение 4
Таблица П. 4.1

Примерные нормы выработки и расхода топлива на основные полевые работы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Количество СХМ	Сменная норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Снегозадержание	К-701	СВУ-2,6	2	130,2	1,2
	К-700	СВУ-2,6	2	107,8	1,1
	Т-4А	СВУ-2,6	2	94,5	1,2
	Т-150	СВУ-2,6	1	70	1,1
	ДТ-75М	СВУ-2,6	1	65,1	1,2
Лущение стерни и дискование	К-744	БДТ-6,6	1	28,0	9,0
		ЛДГ-15	1	62,0	3,8
	К-701	ЛДГ-20	1	84,3	3,3
		БД-10	1	48,4	5,5
		БДТ-7,0	1	37,0	7,2
		БДТ-720	1	23,6	7,1

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	К-700А	ЛДГ-20	1	75,9	2,9
		БД-10	1	46,5	4,5
		БДТ-7,0	1	34,4	6,3
	Т-150К Т-150	ЛДГ-15	1	74,0	2,3
		ЛДГ-10	1	54,2	2,5
		БДТ-7	1	23,1	5,3
	Т-4А	ЛДГ-15	1	58,3	2,5
		БД-10	1	41,1	3,8
		БДТ-7,0	1	31,8	4,6
		ЛДГ-10	1	45,8	1,7
	ДТ-75М	ЛДГ-10	1	40,8	2,7
		БД-4,1	1	19,9	4,8
		БДТ-2,5	1	13,0	7,3
	МТЗ-1221	ЛДГ-10	1	44,1	4,5
	МТЗ-82.1	ЛДГ-5	1	27,0	3,1
	ВТ-200Д	БДТ-7,0	1	36,75	5,83
	ВТ-150	ЛДГ-10	1	51,45	2,9
Вспашка	К-3180	ПРУН-5-45	1	8,12	20,58
	К-744Р, Р1, Р2, Р3	ПБС-7/9.9	1	22,68	12,59
		ПН-8-35	1	10,3	23
		ПРУН-8-45	1	18,7	12,1
	К-701	ПРУН-8-45	1	17,4	12,0
		ПТК-9-35	1	11,5	27,0
	К-700А	ПН-8-35	1	7,4	30,2
		Lemken Vari Diamant 9X	1	15,7	15,3
	Т-150К	ПРУН-5-45	1	8,3	20,1
		ПЛН-5-35	1	8,2	24,3
	ВТ-200Д	ПБС-7/9.9	1	22,68	9,44
	ВТ-150	ПЛН-4-35	1	8,4	18,7
		ПЛН-5-40	1	6,4	16,4
	ДТ-75М	П-5-35	1	6,3	17,7
		ПН-4-35	1	4,9	23,0
	МТЗ-1221	ПЛН-5-35	1	7,9	21,6
		ПРУН-5-45	1	9,5	12,0
	МТЗ-82.1	ПЛН-3-35	1	3,2	29,1
	Т-4А	ПП-6-35	1	7,2	21,3
Боронование	К-701	БИГ-3	5	78,3	3,3
	К-700А	БИГ-3	5	78,3	2,9
	Т-150	БЗСС-1,0	21	99,3	1,2
		БЗТС-1,0	21	99,3	1,5
		БИГ-3	4	63,8	2,5

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	ВТ-100	БЗСС-1,0	21	71,0	1,33
	Т-4А	ЗБЗС-1,0	18×2	62,7	1,9
	ДТ-75М	ЗБЗС-1,0	24	85,4	1,1
		БЗТС-1,0	21	78,0	1,3
		БЗСС-1,0	21	85,0	1,1
	МТЗ-1221	БЗСС-1,0	18	75,5	2,0
	МТЗ-82.1	БЗТС-1,0	12	52,0	1,7
		БЗСС-1,0	16	73,6	1,2
			12	62,9	1,3
Культивация	К-744	КПС-4	4	82,0	4,3
	К-701	КПС-4	4	74,7	3,9
	К-700А	КПС-4	4	68,4	3,0
			3	55,0	3,5
	ХТЗ-16131	КШУ-12	1	68,9	2,1
		Pegasus 4002	1	18,9	8,56
		ККШ-11,3	1	52,43	3,09
		КПИР-6,8	1	31,64	5,12
	Т-150К и Т-150	КПС-4	3	55,0	2,9
		КПС-4	2	39,1	3,1
	ВТ-150	КПС-4	2	44,4	3,2
	ВТ-100	КШУ-12	1	50,4	2,2
		КПС-4	2	39,5	3,7
		ОП-8	1	36,8	3,2
	Т-4А	КПС-4	4	58,0	2,3
			3	50,2	2,7
	ДТ-75М	КПС-4	2	34,2	2,9
	МТЗ-2022	КШУ-12	1	57,5	2,4
	МТЗ-1221	КПС-4	2	36,5	3,8
		ОПО-4,25	1	16,8	11,7
	К-3180	Pegasus 4002	1	18,9	8,78
		КПИР-6,8	1	31,64	5,25
		ККШ-11,3	1	52,43	3,4
	МТЗ-82.1	КПГ-4	1	20,1	4,2
		КПС-4	1	22,4	4,0
		КПН-4Г	1	17,2	4,6
Посев кукурузы, подсолнечника	МТЗ-82.1	СКНК-8	1	16,0	2,4
		СПЧ-6	1	11,0	3,3
		СУПН-8	1	17,4	3,0
	Т-150К	СКПП-12	1	31,5	2,7
	ДТ-75М	СПЧ-6М	3	27,8	2,3
Посев зерновых	К-744	ЭРА-П-10	1	44,1	6,48
		ПК-8,5	1	45,0	8,0

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	К-701	СЗ-3,6	4	41,5	4,1
Посев зерновых	К-700А	СЗ-3,6	4	34,0	3,1
			3	30,0	3,3
		СЗП-3,6	4	33,0	3,5
			3	29,0	3,7
	ВТ-150	СЗП-3,6	3	50,4	2,0
			4	71,2	1,6
	ВТ-100	СЗП-3,6	3	46,2	2,3
			4	57,2	1,7
	Т-4А	СЗ-3,6	4	32,0	2,3
			3	28,0	2,6
		СЗП-3,6	4	29,5	2,7
			3	27	2,9
	Т-150К и Т-150, ХТЗ-150К-09	АУП-18	2	34,2	3,5
		СЗ-3,6	4	34	3,0
			3	30,5	3,0
		СЗП-3,6	4	31,5	3,3
			3	29,0	2,2
		DMC-601	1	19,6	7,1
	ДТ-75М	СЗ-3,6	4	28,0	2,5
			3	26,0	2,7
		СЗП-3,6	3	23,5	3,2
			2	19,5	2,7
	МТЗ-1221	АУП-18.05	1	21	9,3
		СС-6,0А	1	18,4	4,8
	МТЗ-82	СПУ-6	1	19,5	3,4
	JD 7810	DMC-601	1	26,46	6,75
	ХТЗ-16131	DMC-601	1	26,46	6,12
	К-3180	DMC-601	1	26,46	6,25
	ВТ-200Д	ЭРА-П-10	1	44,1	4,86
Прикатывание почвы	Т-150К	ЗККШ-6А	3÷2	111,3	1,2
			2÷3	93,3	1,3
	МТЗ-1221	ЗКК-3,0	6	80,0	2,1
	МТЗ-82.1	ЗККШ-6А	2÷1	71,0	1,2
			2	61,5	1,5
		ЗКВГ-1,4	2	36,6	2,4
Прикатывание почвы	ДТ-75М	ЗККШ-6А	3	76,9	1,2
			2	60,4	1,6
		ККН-2,8	6	79,9	1,2
			5	76,7	1,3
		ЗКББ-1,5	3	56,3	1,8
			2	47,7	2,2

Окончание табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
		ЗКВГ-1,4	3	51,5	1,9
			2	42,8	2,3
			2	58,4	1,2
			1	32,6	1,4
		ККН-2,8	5	58,6	1,1
			4	57,7	1,2
		СКГ-2	1	29,9	2,2
Междурядная обработка	МТЗ-82.1	КРН-5,6	1	24,9	2,4

Таблица П.4.2

Примерные нормы выработки и расхода топлива на погрузка зерна

Марка трактора	Марка погрузчика	Производитель-ность, т/ч	Удельный расход топлива, кг/т
МТЗ-1221	ПЗН-200	200	0,03
МТЗ-82.1	ПЗП-150	150	0,03
	ЗН-200/2	100	0,02
	ПТШ-150	150	0,03
Нет	ПЗП-10(40)	10(40)	-
Нет	ПЗ-100	130	-
Нет	ППЗ-11	11	-
Нет	ПШП-4(7)	4(7)	-

Таблица П.4.3

Примерные нормы выработки и расхода топлива на заготовку кормов

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Урожай-ность, т/га	Норма выра-ботки, га	Расход топ-лива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Кошение трав	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КРН-2,1	2,5-5,0	10,8	4,1
			>5,0	10,5	4,1
		КТП-6	2,5-3,0	16,8	2,5
			>3,5	15,0	2,8
		КС-2,1	2,5-3,0	7,6	5,2
			>3,5	6,9	5,5
		КПИ-2,4	2,5-5,0	7,3	9,0
			5,0-10,0	5,8	10,7
			10,0-15,0	4,5	13,1
			15,0-20,0	3,5	16,1
			>22	2,8	19,2
		КИР-1,5Б	до 5,0	5,1	12,0
			5,0-10,0	4,8	12,5

Продолжение табл. П. 4.3

1	2	3	4	5	6
			15,0-25,0	3,5	16,0
			30,0-40,0	2,0	27,0
		КС-1,8	2,5-5,0	6,3	8,8
			5,0-10,0	5,4	10,1
			10,0-20,0	4,0	12,1
			>22,0	3,4	13,6
		КСК-100	до 10	14,0	8,0
			10,0-20,0	7,4	12,6
			>22,0	5,1	17,2
	Т-150К	КПКУ-75	2,5-5,0	10,6	10,0
			5,0-10,0	7,0	14,2
			10,0-20,0	4,1	20,4
			22,0	3,1	24,8
Крошение трав с плющением	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КПС-5Г	2,5-5,0	17,3	3,4
			5,0-10,0	15,9	3,7
			10,0-20,0	13,4	4,4
			20,0-30,0	10,6	5,5
			30,0-40,0	7,7	7,5
			40,0-50,0	6,1	9,4
		КПРН-3	1,0-2,0	15,2	3,4
			2,0-3,0	13,3	3,8
			>3,5	12,8	3,9
		КПВ-3	1,0-2,0	10,4	4,8
			2,0-3,0	8,9	5,5
			>3,5	7,7	6,2
Ворошение и сгребание	МТЗ-82.1	КР-420	Незав. от влажн.	19,2	1,9
		ГВК-6		25,6	1,2
Подбор валков с измельчением		КСК-100	5,0-10,0	13,7	6,7
			10,0-20,0	7,8	10,9
			>22,0	5,4	15,0
	МТЗ-82.1	КС-1,8	2,5-5,0	12,0	4,3
			5,0-10,0	8,7	5,4
			10,0-15,0	4,1	10,2
Стогование	Т-150К	СПТ-60	1,0-2,0	18,5	4,8
			3,0-4,0	11,6	8,6
			4,0-5,0	7,4	15,0
			>5,0	5,2	18,5
Прессование сена	МТЗ-82.1, МТЗ-826	ПС-1,6	1,0-2,0	15,3	2,9
			3,0-4,0	8,4	5,3
			4,0-5,0	6,2	7,3
			>5,0	4,7	9,6

Окончание табл. П. 4.3

1	2	3	4	5	6
		ПРП-1.6	1,0-2,0	15,4	3,2
			3,0-4,0	7,3	6,3
			4,0-5,0	5,4	8,5
			>5,0	4,1	11,2

Таблица П.4.4

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку зерновых

Наименование операции	Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива кг/га
1	2	3	4	5	6
1. Прямое комбайнирование					
Без измельчения соломы	СК-5	ХС-6М	до 1,5	13,8	6,4
			1,5-2,0	11,7	7,2
			2,0-3,0	9,7	8,1
	СКД-6 Енисей-1200		до 1,5	15,3	5,9
			1,5-2,0	14,0	6,3
			2,0-3,0	10,6	7,7
	Дон-1500		до 1,5	24,1	6,3
			1,5-2,0	20,0	7,3
			2,0-3,0	15,9	8,8
	Вектор 410		до 1,5	15,6	8,0
			1,5-2,0	14,2	8,5
			2,0-3,0	12,7	9,8
С измельчением соломы	СК-5	ХС-5-1200 ПУН-5	до 1,5	12,8	7,9
			1,5-2,0	11,6	8,5
			2,0-3,0	9,1	10,4
	СКД-6 Енисей-1200	ХС-5-1200 ПУН-6	до 1,5	14,2	7,2
			1,5-2,0	12,1	8,3
			2,0-3,0	10,2	9,6
	Дон-1500	ХС-7-1200 ПНК-1500	до 1,5	22,3	7,6
			1,5-2,0	18,2	8,9
			2,0-3,0	14,5	10,6
	Вектор 410		до 1,5	15,6	9,2
			1,5-2,0	14,2	10,0
			2,0-3,0	12,7	11,1
2. Скашивание в валки					
	СК-5	ЖВН-6А	-	15,7	6,1
		ЖНС-6-12	-	21,3	3,4
		ЖВН-10	-	30,5	2,5
	СК-6	ЖВН-6А	-	21,1	3,6

Окончание табл. П. 4.4

1	2	3	4	5	6
3.1. Подбор и обмолот валков без измельчения соломы					
а) после ЖНС-6-12	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	29,1	5,1
			1,8-2,2	24,4	5,9
			2,2-3,0	21,2	6,8
	СК-5		1,4-1,8	17,6	4,7
			1,8-2,2	15,0	5,3
			2,2-3,0	13,4	5,9
б) после ЖВН-6А	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	12,5	9,3
			1,8-2,2	11,6	9,9
			2,2-3,0	10,7	10,8
	СК-5		1,4-1,8	19,4	8,2
			1,8-2,2	18,3	8,6
			2,2-2,6	17,2	9,1
			2,6-3,4	16,1	9,6
в) после ЖВН-10	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	27,2	5,8
			1,8-2,2	24,0	6,3
			2,2-2,6	21,2	6,9
			2,6-3,4	18,3	7,9
	СК-5	ППТ-3А	1,4-1,8	205	4,6
			1,8-2,2	18,0	5,1
			2,2-2,6	16,0	5,7
			2,6-3,4	13,2	6,7
3.2. Подбор и обмолот валков с измельчением соломы					
а) после ЖВН-10	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,7
			1,8-2,2	14,0	6,7
			2,2-2,6	12,6	7,3
			2,6-3,4	10,1	9,2
б) после ЖВН-6-12	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	16,4	5,4
			1,8-2,2	15,0	5,8
			2,6-3,4	10,5	7,5
в) после ЖВН-6А	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,8
			1,8-2,2	14,4	7,0
			2,2-2,6	12,8	7,8
			2,6-3,4	10,2	9,1

Таблица П.4.5

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку подсолнечника

Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1. Прямое комбайнирование без измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,8	7,6
		12-18	11,2	8,2
		18-24	9,7	8,9
		24-30	8,4	10
		30-36	7,4	11
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	17	8,2
		12-18	15,3	8,9
		18-24	13,7	9,7
		24-30	12	10,7
		30-36	10,6	11,8
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	17	7,8
		12-18	15,2	8,5
		18-24	13,6	9,3
		24-30	12	10,3
		30-36	10,6	11,5
2. Прямое комбайнирование с измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,2	8,8
		12-18	10,6	9,5
		18-24	9,0	10,5
		24-30	8,0	11,6
		30-36	6,8	12,8
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	16,0	9,5
		12-18	14,0	10,4
		18-24	12,3	11,3
		24-30	10,7	12,6
		30-36	9,5	14,0
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	16,0	9,3
		12-18	14,0	10,2
		18-24	12,3	11,1
		24-30	10,7	12,4
		30-36	9,5	13,6

Таблица П.4.6

Скирдование сена и соломы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Масса скир-ды, т	Норма выработки, т	Расход топ-лива, кг/га
Скирдование сена	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	26,0	1,14
		СНУ-0,5	6-10	26,0	1,1
		ПФ-0,5	10-20	30,0	1,0
Скирдование соломы	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	21,0	1,2
		СНУ-0,5	6-10	21,0	1,0
		ПФ-0,5	10-20	23,0	1,1

Таблица П.4.7

Сволакивание соломы

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
После жаток ЖВН-6				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	113	0,6
		17,5-22,5	85	0,8
		22,5-30,0	75	1,0
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	107	0,6
		17,5-22,5	82	0,7
		22,5-30,0	70	0,8
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	86	0,5
		17,5-22,5	70	0,6
		22,5-30,0	53	0,8
После жаток ЖВН-10				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	95	0,7
		17,5-22,5	70	1,0
		22,5-30,0	58	1,2
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	89	0,5
		17,5-22,5	68	0,8
		22,5-30,0	56	1,0
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	77	0,5
		17,5-22,5	58	0,7
		22,5-30,0	43	0,9
		30,0-40,0	36	1,2

Таблица П.4.8

Уборка силосных культур

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
	КСК-100	до 10	13,8	8,2
		10,0-20,0	11,8	9,8
		20,0-30,0	9,0	10,7
		30,0-40,0	7,5	12,1
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПКУ-75	до 10	9,7	10,5
		10,0-20,0	7,1	13,5
		20,0-30,0	5,4	16,7
		30,0-40,0	4,1	20,3
	СС-2,6	до 10	9,8	11,6
		10,0-20,0	8,1	13,0
		20,0-30,0	6,8	14,6
		30,0-40,0	5,7	16,2
	КС-2,6	до 10	9,8	9,6
		10,0-20,0	8,1	10,5
		20,0-30,0	6,9	11,7
		30,0-40,0	5,7	13,2
ДТ-75М	КСС-2,6	до 10	9,0	10,8
		10,0-20,0	6,7	12,2
		20,0-30,0	5,2	13,9
		30,0-40,0	4,7	14,6
	КС-2,6	до 10	9,0	9,0
		10,0-20,0	6,7	10,2
		20,0-30,0	5,2	11,6
		30,0-40,0	4,2	13,7
МТЗ-82.1	СС-2,6	до 10	8,7	9,1
		10,0-20,0	6,6	9,9
		20,0-30,0	5,0	11,6
	КС-2,6	до 10	8,7	8,4
		10,0-20,0	6,6	8,6
		20,0-30,0	5,0	10,1
	КС-1,8	до 10	6,1	9,6
		10,0-20,0	4,9	11,0
		20,0-30,0	3,8	12,7
		30,0-40,0	2,9	16,0

Таблица П.4.9

Внесение минеральных удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701, К-744	РУМ-16	<2,0	99,0	2,51
		2,1-4,0	89,5	2,67
К-700	РУП-8	<2,0	47,7	2,95
		2,1-4,0	42,9	3,21
Т-150К, ХТЗ-150К-09	РУМ-8	<2,0	72,4	1,67
		2,1-4,0	61,9	1,88
	РУП-8	<2,0	47,2	2,25
		2,1-4,0	42,3	2,45
МТЗ-1221	МВУ-5	<2,0	79,1	1,3
		2,1-4,0	63,8	1,6
МТЗ-82.1	РУМ-5	<2,0	51,6	1,37
		2,1-4,0	43,8	1,65
		2,1-4,0	38,4	1,35
	1-РМГ-4	<2,0	24,2	2,36
		2,1-4,0	22,7	2,69
	НРУ-0,5	<2,0	47,2	0,86
	РСМ-6	2,1-4,0	42,3	0,90
Т-40	НРУ-0,5	<2,0	34,9	0,79
	РСМ-6	2,1-4,0	32,1	0,81

Таблица П.4.10

Внесение органических удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701	ПРТ-16	31-50	114,0	1,31
	ПРТ-10	31-50	92,1	1,46
	КСО-9	31-50	86,9	1,57
К-700А	ПРТ-10	31-50	87,4	1,26
	ПРТ-16	31-50	106,0	1,15
	КСО-9	31-50	81,6	1,38
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПРТ-10	31-50	82,1	1,09
	КСО-9	31-50	78,0	1,14
ДТ-75М	РОУ-5	31-50	28,4	2,39
	1-ПТУ-4	31-50	23,1	2,89
	РПН-4	33-37	4,9	8,94
		38-45	4,3	10,00
МТЗ-82.1	РТО-4	31-50	34,9	1,81
	РОУ-5	31-50	41,7	1,58
	1-ПТУ-4	31-50	34,9	1,79
	РПН-4	33-37	4,8	9,57
		38-45	4,1	11,02

Таблица П.4.11

Очистка зерна

Марка машины	Производительность, т/ч	Мощность, кВт
МЗС-10(20)	10(20)	1,5(3)
ЗМ-20	20	6,2
МЗУ-50	50	13,2
ЗАП-25	25	20,6
СМ-4	0,5	6
ЗАВ-20У	25	29,7
ЗАВ-40У	40	43,4

Приложение 5
Таблица П.5.1

Трудоемкость технических обслуживаний, ремонтов, устранения неисправности и хранения тракторов

Марка трактора	Трудоемкость, чел-ч.								
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СТО	ТР	КР	Устранение неисправностей	Хранение
Т-130	0,85	3,15	8,88	22,06	8,34	221	49,6	183	24,5
Т-170М	1,06	3,95	11	28	10,4	276	62	230	30,5
Т-4А, Т-4М	0,76	3,74	6,77	20,36	8,34	193	58,7	160	21,7
Т-250	0,85	3,15	8,88	22,06	8,34	221	49,6	183	24,5
Т-150	0,69	3,79	7,98	26,8	5,06	189	54,2	155	20,8
ДТ-175М	0,7	3,86	8,1	19,63	6,1	216	68,9	165	21
ДТ-75М	0,67	3,14	6,98	16,73	9	126	35,3	105	19,6
Т-150К, ХТЗ-150К-09	0,93	3,15	8,72	26,69	4,59	198	53,4	164	19,2
Т-40АМ	0,47	1,64	5,12	12,8	2,39	76	20,4	63	17,2
Т-25А Т-30А	0,38	1,88	3,44	9,54	1,47	69	15,7	49	14,2
К-700А	0,88	3,28	8,21	17,3	13,6	277	60,7	230	26,5
К-701М	0,88	3,28	8,21	17,3	13,6	277	63,3	230	26,5
К-744	0,82	3,3	7,8	18,2	13,2	250	63,3	190	26,5
К-20	0,39	1,93	3,52	9,8	1,5	60	16,1	50	14,5
ЮМЗ-6Л (ЮМЗ-6М)	0,57	1,7	4,89	15,84	6,01	87	13,4	72	19
ЛТЗ-55 (ЛТЗ-55А)	0,65	2,15	6,36	15,42	2,64	96	21,3	92	17,2
ЛТЗ-60АВ	0,68	2,2	6,4	16,2	2,8	98	23,2	93,2	18,1
ЛТЗ-85	0,7	2,35	7,2	18,4	2,95	102	38	108	18,4
ЛТЗ-155	0,78	2,85	8,1	21,5	3,7	132	44	142	18,8
МТЗ-80	0,74	2,38	5,54	16,62	2,78	93	14,8	77	15,2
МТЗ-82	0,74	2,38	5,68	15,99	3,58	102	18	85	15,2
МТЗ-100	0,76	2,47	6,38	15,33	2,04	111	19,4	92	16,4
МТЗ-102	0,76	2,47	6,48	15,58	2,84	120	23,2	100	16,4
МТЗ-1221	0,72	2,84	4,76	8,89	1,35	111	22,0	159	16,8
Т-16МГ	0,39	1,68	4,08	9,34	1,74	55	14,6	46	14,2

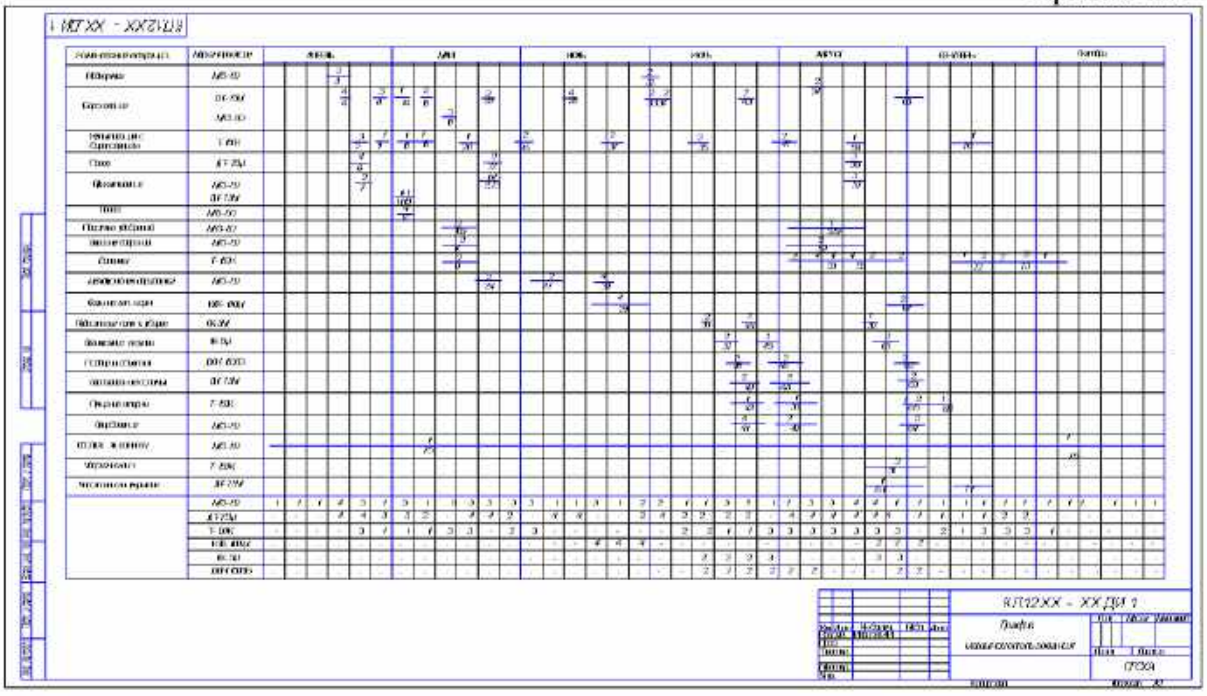


Рис. П.6.1 График машиноиспользования (таблично-линейный график)

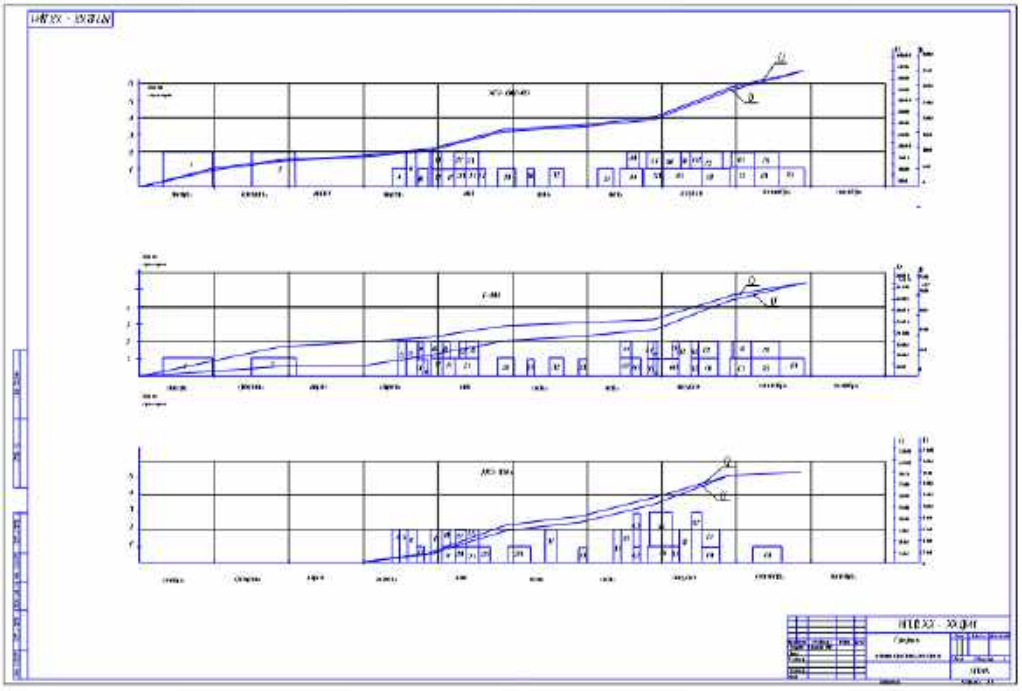


Рис. П.6.2. Графики машиноиспользованная (диаграмма)

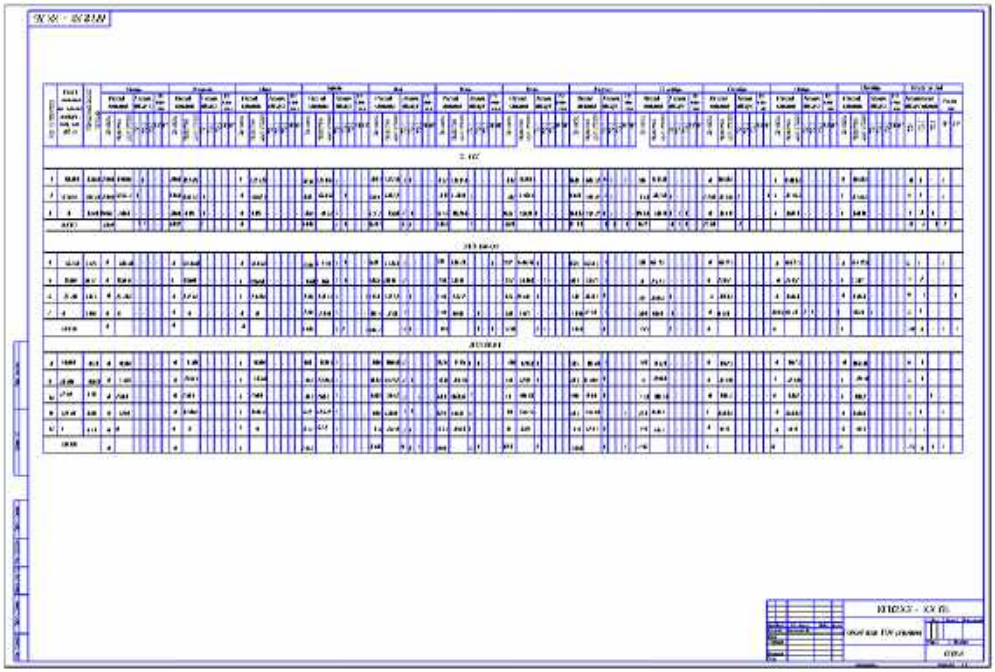


Рис П.6.3. План-график ТО и ремонтов тракторов (табличная форма).

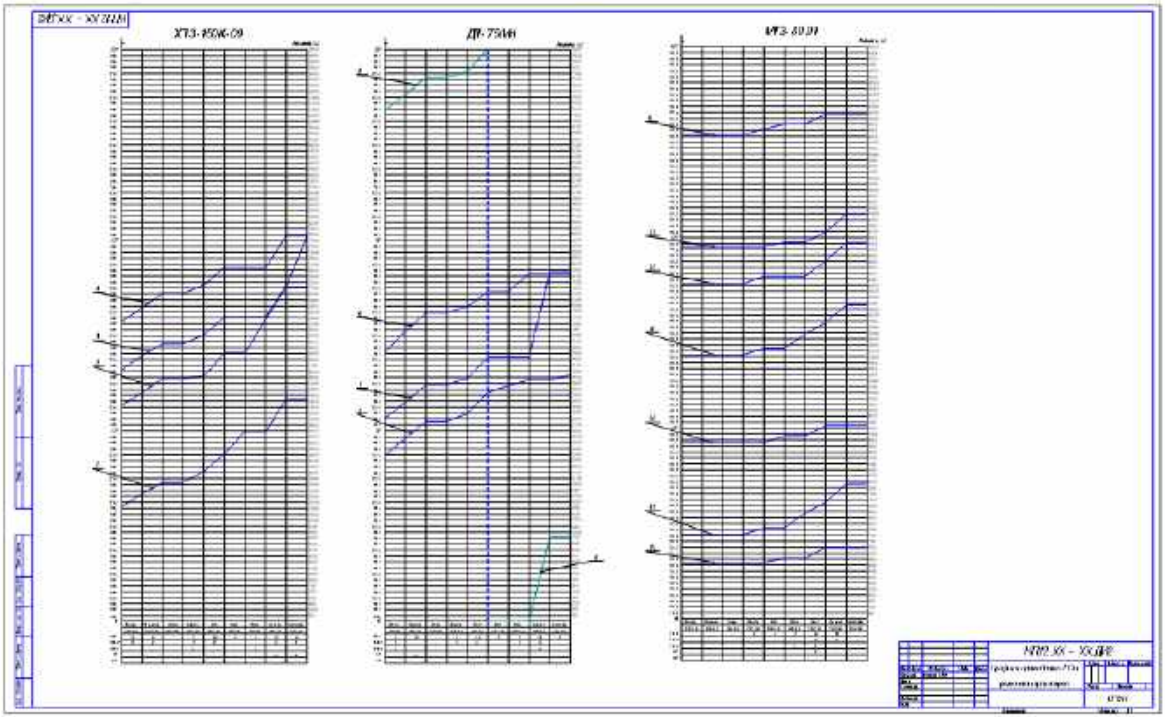


Рис П.6.4. График ТО и ремонтов тракторов

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 4

2. РАЗРАБОТКА ПЛАНА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ .. 8

3. РАСЧЕТ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА 12

4. РАЗРАБОТКА ГОДОВОГО ПЛАНА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МТП 23

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ .. 34

6. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ 35

7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ 36

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 39

ПРИЛОЖЕНИЯ 40

Учебное издание

Составители:

Кузнецов Сергей Александрович
Сазонов Дмитрий Сергеевич
Ерзамаев Максим Павлович
Янзин Владимир Михайлович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Методические указания для выполнения курсовой работы

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 30.05.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,84; печ. л. 4,13.
Тираж 50. Заказ № 167.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Методические указания
для выполнения расчетно-графической работы

Кинель
РИО Самарский ГАУ
2019

УДК 628.15.001.24
ББК 30.123 Я7
Г46

Г46 Гидравлический расчет водопроводной сети : методические указания / сост. Ю. А. Киров, С. В. Денисов, А. Л. Мишанин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 42 с.

Методические указания предназначены для самостоятельного выполнения обучающимися по направлениям подготовки: Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение (по отраслям) расчетно-графической работы по дисциплине «Гидравлика».

В издании рассмотрен пример гидравлического расчета водопроводной сети, имеющей кольцевой и тупиковые трубопроводы. Приведена методика расчета и подбора водонапорной башни, а также насосов для артезианских скважин и открытых источников водозабора. В приложении представлены удельные сопротивления труб и рекомендуемые для прокладки водопроводных сетей и характеристики некоторых насосов.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Киров Ю. А., Денисов С. В.,
Мишанин А.Л., составление, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время продолжается активное развитие механизации трудоемких процессов в растениеводстве и животноводстве на основе гидравлических устройств, проектирование и расчет которых невозможен без глубокого понимания гидравлики, знания её законов, методик расчета трубопроводов, подбора насоса.

Целью данных методических указаний является оказание организационно-методической поддержки обучающимся в процессе выполнения РГР в соответствии с рабочей программой.

Методические указания содержат описание методики и последовательности выполнения расчетно-графической работы, охватывающей основные разделы дисциплины «Гидравлика» и направлены на анализ водопроводной сети, расчет ее основных параметров, последующее графическое представление результатов расчета и формулирование выводов по итогам анализа результатов.

Каждый раздел методических указаний содержит необходимые для его выполнения теоретические сведения и графический материал, позволяющие глубже понять суть изучаемого вопроса, а также способствующие освоению методики расчёта водопроводных сетей, емкости водонапорной башни, ординат пьезометрических линий, подбора насоса и определение параметров его работы.

В процессе выполнения РГР, в соответствии с данными методическими указаниями, у обучающихся должны формироваться следующие компетенции: способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.

Развитие способности к самостоятельному анализу и расчету водопроводных сетей окажет существенную помощь, как в дальнейшем в процессе работы над выпускной квалификационной работой так и в дальнейшей работе инженером выбранного профиля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расчетно-графическая работа на тему: «Гидравлический расчет водопроводной сети» выполняется студентами инженерных специальностей в соответствии с программой дисциплины «Гидравлика».

Целью расчетно-графической работы является изучение и усвоение на практике общих приемов гидравлических расчетов, а также приобретение навыков работы с технической и справочной литературой.

При выполнении расчетно-графической работы следует придерживаться следующего алгоритма:

- Внимательно прочитать и уяснить смысл содержания задания.
- Восстановить в памяти основные положения темы курса гидравлики, к которой относится содержание задания.
- Наметить план решения, обеспечивающий получение конечного результата кратчайшим путем. Выбор пути решения задачи часто вызывает наибольшее затруднение. В этом случае рекомендуем провести анализ хода решения, начиная с формулы, непосредственно дающей конечный результат.

При таком анализе последовательно выявляется цепочка промежуточных неизвестных величин и формул для их вычисления. Путь, обратный ходу этого процесса, и будет решением задачи.

Правила оформления РГР

Текстовый материал РГР должен быть оформлен в виде пояснительной записки объемом 15…20 страниц на листах формата А4. Текст должен быть написан разборчивым почерком или распечатан на принтере. Записи производят на одной стороне листа с полями шириной 20 мм слева и 5 мм справа.

Текст должен быть стилистически и орфографически правильным без сокращений слов. Все формулы приводятся сначала в буквенном выражении с последующей расшифровкой входящих в формулу величин, а затем уже в них проставляют цифровые значения и производят решение относительно искомой величины. При использовании нормативных и справочных данных следует делать ссылку на источники.

В пояснительной записке необходимо:

1) выбрать исходные данные согласно выданному варианту;
2) начертить схему водопроводной сети в соответствии с индивидуальным заданием;
3) рассчитать кольцевую сеть и тупиковые участки водопровода;
4) определить высоту и регулирующую емкость водонапорной башни;
5) рассчитать ординаты пьезометрической линии;
6) подобрать нужный насос и определить параметры его работы.

Работа выполняется студентом самостоятельно при консультативной помощи преподавателя и поэтапном контроле знаний студента.

Каждый студент получает индивидуальное задание на расчетно-графическую работу в следующем виде.

Задание

на выполнение расчетно-графической работы по дисциплине: «Гидравлика» студенту ____ группы II курса инженерного факультета

_____

Ф.И.О. студента

Выполнить гидравлический расчет системы водоснабжения, определив диаметры труб, высоту и объем водонапорной башни. Подобрать необходимый насос, определив мощность на его привод, КПД насоса и допустимую высоту всасывания воды. В узловых точках сети подсчитать ординаты пьезометрической линии.

Принять ___ вариант узловых расходов, ____ тип водонапорной башни и _____ трубы. Время работы насоса T = ____ ч, коэффициент часовой неравномерности K_2 = ____, длина всасывающей трубы насоса $l_{вс}$ = ___м.

Задание выдано _____ Срок сдачи _____

Руководитель _____

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Каждый студент в задании получает одну из приведенных на общей схеме водопроводной сети (рис. 1) водопроводных башен. Длины участков водопроводной сети приведены в таблице 1, а варианты узловых расходов воды в сети представлены в таблице 2. В таблице 3 даны среднестатистические суточные нормы водопотребления для сельскохозяйственных предприятий, которые используются для определения суточных норм потребления с заданным в задании коэффициентом часовой неравномерности.

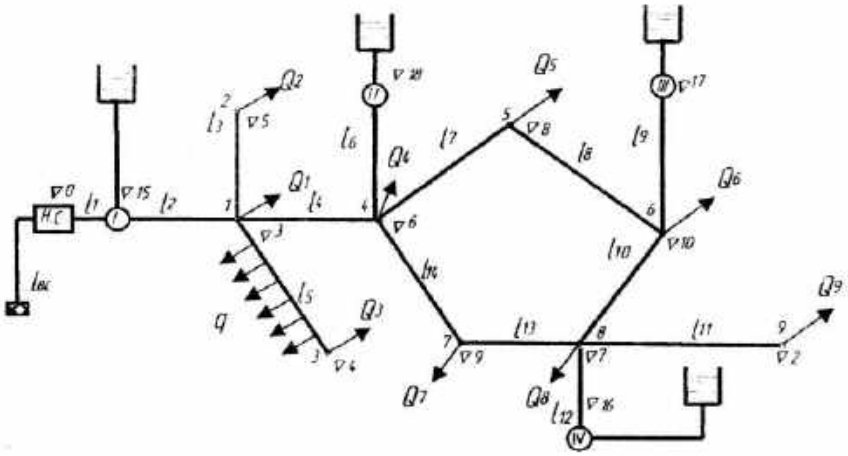


Рис. 1. Общая схема водопроводной сети:
I-IV – варианты водонапорных башен; Q – узловые расходы; q – путевой расход; ∇ – отметки поверхности земли в узловых точках

Таблица 1

Длины участков водопроводной сети

Обозначение	Длина, м	Обозначение	Длина, м	Обозначение	Длина, м
l_1	100	l_6	800	l_{11}	300
l_2	500	l_7	300	l_{12}	700
l_3	400	l_8	250	l_{13}	300
l_4	600	l_9	350	l_{14}	400
l_5	100	l_{10}	200		

Таблица 2

Варианты расходов воды в водопроводной сети

Номер варианта	Путевой расход q, $\frac{л/с}{м}$	Узловые расходы, л/с								
		Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
1	0,01	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,02	3	4	5	6	7	8	9	10	1
3	0,03	4	5	6	7	8	9	10	1	2
4	0,01	10	9	8	7	6	5	4	3	2
5	0,02	9	8	7	6	5	4	3	1	10
6	0,03	8	7	6	5	4	1	2	9	10
7	0,01	5	6	7	8	9	10	4	2	3
8	0,02	6	7	8	9	10	1	3	4	5
9	0,03	7	8	9	10	6	5	4	2	1
10	0,01	2	7	3	8	4	9	5	10	6
11	0,02	10	5	9	4	8	3	7	1	6
12	0,03	4	9	5	10	6	1	7	2	8
13	0,01	2	10	9	3	4	8	7	6	5
14	0,02	4	6	3	5	1	10	8	7	9
15	0,03	5	4	8	9	10	1	6	2	7

Таблица 3

Среднестатистические суточные нормы водопотребления

Часы суток	Часовое потребление, %	Часы суток	Часовое потребление, %
0-1	1,0	12-13	8,0
1-2	1,0	13-14	7,0
2-3	1,0	14-15	6,0
3-4	1,0	15-16	6,0
4-5	3,0	16-17	5,0
5-6	3,0	17-18	5,0
6-7	4,0	18-19	4,0
7-8	5,0	19-20	4,0
8-9	6,0	20-21	3,0
9-10	6,0	21-22	3,0
10-11	7,0	22-23	2,0
11-12	8,0	23-24	1,0

2. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Для того чтобы облегчить студентам выполнение расчетно-графической работы, одновременно с изложением общей методики выполнения указанной работы проведём расчёт конкретной водопроводной сети со следующими исходными данными: тип башни – III; материал труб – сталь; время работы насоса T = 12 ч; коэффициент часовой неравномерности K_2 = 2,5; длина всасывающей трубы насоса $l_{вс}$ = 8 м. Вариант узловых расходов воды для числового примера представлен в таблице 4.

Таблица 4

Значения узловых и путевого расходов воды

Путевой расход q, $\frac{л/с}{м}$	Узловые расходы, л/с								
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
0,03	5	4	8	9	10	6	7	1	2

Проектируемая в нашем примере схема водопроводной сети показана на рисунке 2.

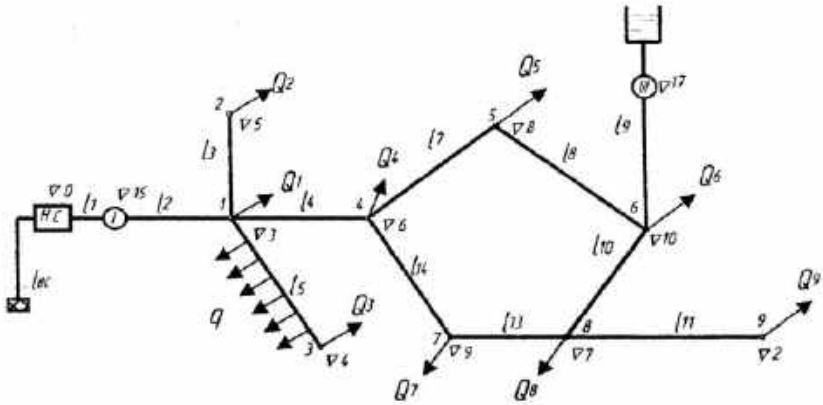


Рис. 2. Схема конкретной водопроводной сети

2.1. Гидравлический расчёт кольца

Сущность расчёта кольцевого трубопровода состоит в определении расходов жидкости по кольцу таким образом, чтобы модуль алгебраической суммы потерь напора во всём кольце не превышал определённой величины – положительного числа, характеризующего точность расчета (теоретически сумма потерь напора равна нулю).

Перед началом расчёта примем следующее допущение – водоснабжение всех потребителей будет осуществляться от водопроводной башни, предварительно заполненной водой с помощью насоса.

Количество воды, поступающей из башни, равно суммарному потреблению в системе водоснабжения:

$$Q_{Ш-6} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \,. \qquad (1)$$

Согласно выданному варианту

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + ql_5 \,,$$

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = 5 + 4 + 8 + 9 + 10 + 6 + 7 + 1 + 2 + 0{,}03 \cdot 100 = 55 \text{ л/с}.$$

$\sum Q_i = Q_{\text{max.c}}$ – максимальный секундный расход воды в водопроводной сети.

Таким образом, к начальной узловой точке 6 кольца подходит 55 л/с. Так как в узле 6 происходит отбор воды в количестве 6 л/с, то для распределения по ветвям кольца остаётся 49 л/с.

В начале расчёта разбиваем кольцо на участки. Номеруем участки кольца, начиная от узла 6, двигаясь по кольцу по ходу часовой стрелки. Первым будет участок 6–8, вторым – участок 8–7 и т.д. Участки записываем в таблицу 5.

Для первого приближения половину поступающего в кольцо расхода направляем по первому участку.

Тогда $Q_{6-8} = 1/2 \cdot 49$ л/с $= 24{,}5$ л/с.

В дальнейшем определяем расход воды по участкам, руководствуясь следующим правилом: приток воды к каждому узлу должен быть равен оттоку по прилегающим участкам плюс отбор воды в самом узле (рис. 3).

Расход на участке 8–7 будет равен $Q_{8-7} = Q_{6-8} - Q_9 - Q_8$.

Подставив значение расходов, получим Q_{8-7}=24,5 – 2 – 1 = 21,5 л/с.

Таким образом определяются расходы на остальных участках.

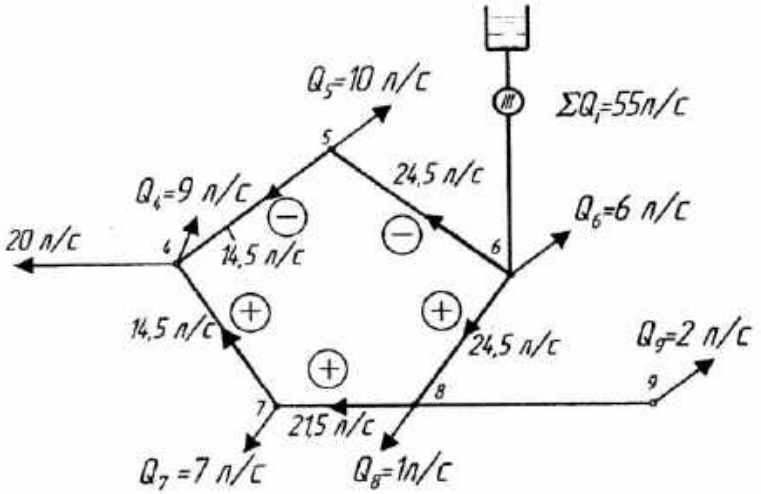


Рис. 3. Схема кольца:
«+», «–» – участки с положительными и отрицательными потерями напора

Следует иметь в виду, что определение расходов воды по участкам кольца представляет определенные трудности и в первом приближении задается интуитивно, поэтому они называются прикидочными расходами Q, л/с.

По выбранным прикидочным расходам определяются диаметры труб на каждом участке кольца по формуле:

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{v}}, \qquad (2)$$

где d – диаметр трубы, м;

Q – расход воды, проходящей по трубе, м^3/с;

v – скорость воды, м/с.

При определении диаметров труб рекомендуется принимать скорость воды в них в пределах от 1,0 до 1,5 м/с.

В нашем примере примем скорость $v = 1$ м/с.

Для участка 6-8

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{24{,}5\cdot 10^{-3}}{1{,}0}} = 177\cdot 10^{-3}\text{м} = 177\text{мм}.$$

Полученные значения диаметров труб округляют до ближайшего стандартного (лучше в сторону увеличения) и в соответствии с материалом труб выбирают справочные значения коэффициентов удельных сопротивлений, чтобы с учетом длины участка определить потери напора по формуле:

$$h_w = A\cdot l\cdot Q^2, \qquad (3)$$

где h_w – потери напора по длине, м;

A – удельное сопротивление, $с^2/м^6$; (приложения 1…4);

l – длина участка, м.

Принимаем стандартный диаметр d = 200 мм, для которого по приложению 1 находим удельное сопротивление A = 6,96 $с^2/м^6$.

Все последующие расчёты ведутся в табличной форме.

В таблице 5 в строке для участка 6–8 последовательно записываем значения:

$A\cdot l$; $\quad A\cdot l = 6{,}96\cdot 200 = 1392$ $с^2/м^5$,

$B = A\cdot l\cdot Q$; $\quad B = 6{,}96\cdot 200\cdot 24{,}5\cdot 10^{-3} = 34{,}1$ $с/м^2$,

$h_w = B\cdot Q$; $\quad h_w = 34{,}1\cdot 24{,}5\cdot 10^{-3} = 0{,}84$ м.

Для других участков кольца делаем аналогичные расчеты.

Для проверки правильности расчёта кольца определяют величину $\sum h_w$ – алгебраическую сумму потерь напора, которая называется невязкой и теоретически должна быть равна нулю. При этом на участках кольца с направлением движения воды по ходу часовой стрелки расход и потери напора считаются положительными, а на участках с противоположным направлением – отрицательными. Знак расхода и потерь для каждого участка кольца указывают в отведенной для этой цели графе таблицы 5.

В практических расчётах, если окажется, что

$$\left|\sum h_w\right| \le 0{,}5 \text{ м}, \qquad (4)$$

расчёт считают законченным.

Если условие (4) не соблюдается, делают перерасчёт (второе приближение), изменяя расход на каждом участке на величину

$$\Delta Q = -\frac{\sum h_w}{2\sum Al|Q|}, \qquad (5)$$

где ΔQ – поправочный расход, м^3/с.

Таблица 5

Расчёт кольца

Участок	Длина, l, м	Приведённый расход, Q, л/с	Диаметр, d, мм	Уд. сопротивление, A, с^2/м^6	Al, с^2/м^5	$B = AlQ$, с/м^2	Знак	$h_w = BQ$, м	Поправочный расход, ΔQ, л/с
Первое приближение									
6-8	200	24,5	200	6,96	1392	34,10	+	0,84	
8-7	300	21,5	175	20,79	6237	134,1	+	2,88	
7-4	400	14,5	150	30,65	12260	177,8	+	2,58	
4-5	300	14,5	150	30,65	9195	133,3	–	1,94	
5-6	250	24,5	200	6,96	1740	42,6	–	1,04	
Σ						521,9		+3,32	– 3,2
Второе приближение									
6-8	200	21,3	175	20,79	4158	88,56	+	1,88	
8-7	300	18,3	175	20,79	6237	114,14	+	2,08	
7-4	400	11,3	150	30,65	12260	138,54	+	1,56	
4-5	300	17,7	175	20,79	6237	110,39	–	1,96	
5-6	250	27,7	200	6,96	1740	48,20	–	1,33	
Σ						499,83		+2,23	–2,23
Третье приближение									
6-8	200	19,07	175	20,79	4158	79,29	+	1,37	
8-7	300	16,07	175	20,79	6237	100,22	+	1,61	
7-4	400	9,07	150	30,65	12260	111,20	+	1,01	
4-5	300	19,93	175	20,79	6237	124,30	–	2,47	
5-6	250	29,93	200	6,96	1740	52,08	–	1,56	
Σ						469,72		–0,01	

Исправленный расход на i-том участке во втором приближении равен

$$Q_i'' = Q_i' + \Delta Q, \qquad (6)$$

где Q_i' – расход на i-том участке в первом приближении, с учётом знака, указанного в таблице 5.

В рассматриваемом примере расчёта кольца в первом приближении

$$\sum h_w = 3{,}32 \text{ м} > 0{,}5 \text{ м}.$$

Находим поправочный расход по формуле (5):

$$\Delta Q = -\frac{3{,}32}{2 \cdot 521{,}9} = -3{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = -3{,}2 \text{ л/с}.$$

Таким образом, в рассматриваемом примере исправленные расходы в кольце соответственно с формулой (6) составят:

$Q''_{6-8} = 24{,}5 - 3{,}2 = 21{,}3$ л/с;

$Q''_{8-7} = 21{,}5 - 3{,}2 = 18{,}3$ л/с;

$Q''_{7-4} = 14{,}5 - 3{,}2 = 11{,}3$ л/с;

$Q''_{4-5} = -14{,}5 - 3{,}2 = -17{,}7$ л/с;

$Q''_{5-6} = -24{,}5 - 3{,}2 = -27{,}7$ л/с.

В связи с изменением расходов на участках кольца пересчитываем диаметры труб по формуле (2) и заносим в продолжение таблицы 5. Согласно расчетам изменились диаметры на участках 6–8 и 4–5.

Повторяем расчет и находим величину невязки, которая хотя и уменьшилась (2,23 м), но превышает допустимую величину.

По изложенной методике определяем поправочный расход

$$\Delta Q = -\frac{2{,}23}{2 \cdot 499{,}83} = -2{,}23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = -2{,}23 \text{ л/с}.$$

В третьем приближении поправляем расходы и диаметры труб на участках. После заполнения всех граф определяем величину невязки, которая снизилась до $\sum h_w = -0{,}01$ м. Это означает, что потери уравнены и кольцевая часть сети будет работать в этом расчетном режиме.

Необходимо подчеркнуть, что во всех последующих приближениях, диаметры труб на участках кольца могут изменяться или оставаться без изменений. Это зависит от величины поправочного расхода. Как показывает практика, двух-трех повторностей оказывается вполне достаточно для полного расчёта кольца.

2.2. Расчёт тупиков

Расчет тупиков, входящих в состав водопроводной сети, ведется также в табличной форме, Правда, по сравнению с расчетом кольца здесь имеются некоторые особенности.

Во-первых, в таблице отсутствуют столбцы «Знак» и «Поправочный расход».

Во-вторых, в расчетную схему водопроводной сети входит участок 1-3, на котором одновременно с узловым расходом Q_3 имеется путевое водопотребление, заданное удельным путевым расходом q. Поэтому расчетный расход на данном участке определяется по формуле

$$Q_{1-3} = Q_3 + 0{,}5ql_5, \tag{7}$$

где Q_{1-3} – общий расход воды на участке 1–3, м^3/с;

q – удельный путевой расход, $\frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{м}}$;

l_5 – длина участка 1–3, м;

$$Q_{1-3} = 8 + 0{,}5 \cdot 0{,}03 \cdot 100 = 9{,}5 \text{ л/с}.$$

В-третьих, по трём тупикам заданной схемы ($l_{вс}$, l_1 и l_2) вода подается не из водонапорной башни, а в процессе работы насоса, подача которого определяется по формуле:

$$Q_{н.с.} = \frac{Q_{max.c} \cdot T_{сут}}{K_2 \cdot T}, \tag{8}$$

где $Q_{н.с}$ – подача насоса, м^3/с;

$Q_{max.c}$ – максимальный секундный расход воды в водопроводной сети, м^3/с;

$T_{сут}$ – продолжительность суток, ч;

K_2 – коэффициент часовой неравномерности;

T – время работы насоса, ч.

Для Рассматриваемого примера расчета указанные расходы соответственно составляют:

$Q_{max\,с}$ = 55 л/с (рассчитан в начале);

$$Q_{н.с.} = \frac{55 \cdot 24}{2{,}5 \cdot 12} = 44 \text{ л/с}.$$

Все последующие расчеты (определение диаметров труб и потерь напора) представлены в таблице 7.

Таблица 7

Расчёт тупиков

Участок	Длина, l, м	Расход, Q, л/с	Диаметр, d, мм	Уд. сопротивление, А, $с^2/м^6$	$A \cdot l$, $с^2/м^5$	$A \cdot l \cdot Q$, $с/м^2$	$h_w = A \cdot l \cdot Q^2$, м
Нс–1	100	44	250	2,19	213	9,6	0,42
1-1	500	44	250	2,19	1095	48,2	2,12
1-2	400	4	75	929,40	371760	1487,0	5,95
1-3	100	9,5	125	76,36	7636	72,5	0,69
1-4	600	20	175	20,79	12474	249,5	4,99
8-9	300	2	75	929,40	278820	557,6	1,12
6-Ш	350	55	300	0,8466	296	16,3	0,90

3. РАСЧЁТ ВЫСОТЫ И ЁМКОСТИ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Эффективная эксплуатация водопроводной сети возможна в том случае, если будет обеспечена необходимая высота водонапорной башни, которая определяется по формуле (рис. 5):

$$H_б = H_р + \sum h_{wб-д} + \left(Z_д - Z_б\right), \qquad (9)$$

где $H_б$ – высота водонапорной башни, м;

$H_р$ – рабочий напор, равный 5…10 м;

$\Sigma h_{wб-д}$ – потери напора по пути движения воды от башни до диктующей точки, м;

$Z_д$ и $Z_б$ – отметки поверхности земли, соответственно, у диктующей точки и башни, м.

Диктующей называется точка водопроводной сети, для которой высота башни, подсчитанная по формуле (9), окажется наибольшей. Обычно для этого необходимо проверить 2…3 точки сети: наиболее удаленные от башни и высокие на местности. Сопоставляя полученные величины, выбираем из них наибольшее

значение. Это и будет необходимая высота башни $H_б$, а соответствующая точка – диктующая для данной сети.

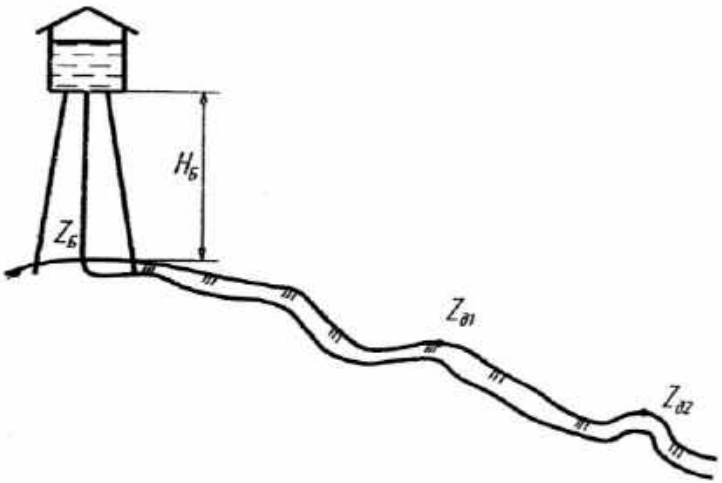


Рис. 5. Схема к определению высоты башни

В данном примере диктующей точкой могут оказаться точки 2, 3 или 9.

Выполнив соответствующие расчеты, получим:

а) для точки 2

$$H_{б2} = H_р + h_{нб-Ш} + h_{w5-6} + h_{w4-5} + h_{w1-4} + h_{w1-2} + (Z_2 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}55 + 2{,}45 + 4{,}99 + 5{,}95 + (5 - 17) = 13{,}84 \text{ м};$$

б) для точки 3

$$H_{б3} = H_р + h_{w6-Ш} + h_{w5-6} + h_{w4-5} + h_{w1-4} + h_{w1-3} + (Z_3 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}55 + 2{,}45 + 4{,}99 + 0{,}69 + (4 - 17) = 7{,}58 \text{ м};$$

в) для точки 9

$$H_{б9} = H_р + h_{w6-Ш} + h_{w6-8} + h_{w8-9} + (Z_9 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}37 + 1{,}12 + (2 - 17) = -1{,}61 \text{ м}.$$

Приведенные расчеты свидетельствуют о том, что из трех проверенных точек сети диктующей оказалась точка 2, а необходимая высота водонапорной башни составляет $H_б = 13{,}84$ м.

Необходимую емкость водонапорной башни чаще всего определяют графическим способом. Для этого по исходным данным суточных норм водопотребления (табл. 3) строим ступенчатый график суточного водопотребления (рис. 6). При этом по оси

абсцисс откладываем часы суток, а по оси ординат соответствующее каждому часу часовое водопотребление в процентах от суточного.

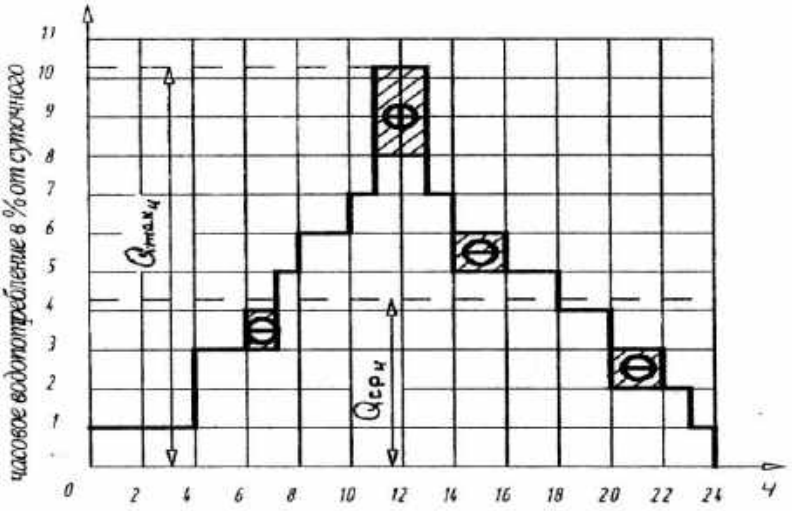


Рис. 6. Суточный график водопотребления

Следует отметить, что приведенные в исходных данных проценты часового водопотребления являются среднестатистическими для объектов сельскохозяйственного водоснабжения. Поэтому построенный ступенчатый график водопотребления необходимо скорректировать в соответствии с полученным в задании коэффициентом часовой неравномерности K_2. Указанная корректировка выполняется следующим образом.

Определяем среднее часовое водопотребление в течение суток по формуле:

$$Q_{\text{ср.ч}} = \frac{100\,\%}{T_{\text{сут}}} = \frac{100}{24} \equiv 4{,}17\%\,. \qquad (10)$$

Затем определяем фактическое максимальное часовое водопотребление:

$$Q_{\text{max.ч}} = Q_{\text{ср.ч}} \cdot K_2\,, \qquad (11)$$

где K_2 – коэффициент часовой неравномерности.

Подставив данные, получим:

$$Q_{\text{max ч}} = 4{,}17 \cdot 2{,}5 \cong 10{,}4\% .$$

Полученное значение $Q_{\text{max ч}}$ = 10,4% откладываем на графике водопотребления (рис. 6) в часы максимального расхода воды, т.е. с 11 до 13 ч. При этом площадь многоугольника, ограниченного ломаной скорректированной линией водопотребления и осью абсцисс увеличилась на величину заштрихованной площадки со знаком «+». Чтобы не выходить за пределы общего суточного водопотребления, равного 100%, необходимо площадь многоугольника уменьшить в любое другое время суток на такую же по величине площадку, заштрихованную со знаком «–». Полученная после этого ломаная линия и есть искомая скорректированная ступенчатая кривая суточного водопотребления.

По этой ступенчатой кривой можно построить интегральную кривую потребления воды (рис. 7).

Она представляет собой нарастающую сумму потребления в процентах от суточного потребления с начала и до конца суток (кривая 1).

На этот же график (рис. 7) наносится прямая линия подачи воды насосом в предположении, что он работает без перерыва в соответствии с заданием (в нашем примере T = 12 ч), подавая необходимое количество воды (100%). Далее эта прямая 2 смещается на графике параллельно самой себе в стремлении максимального сближения с интегральной кривой водопотребления 1. Анализируя взаимное расположение кривой 1 и прямой 2, устанавливают для каждого момента времени, сколько воды израсходовано с начала суток, сколько её подано насосом, а также определяют необходимый остаток воды в водонапорной башне (разность ординат интегральной кривой потребления и подачи воды насосом). На тех участках графика, где линия подачи проходит выше кривой, объем поданной воды больше, чем израсходованной, а на остальных участках наоборот.

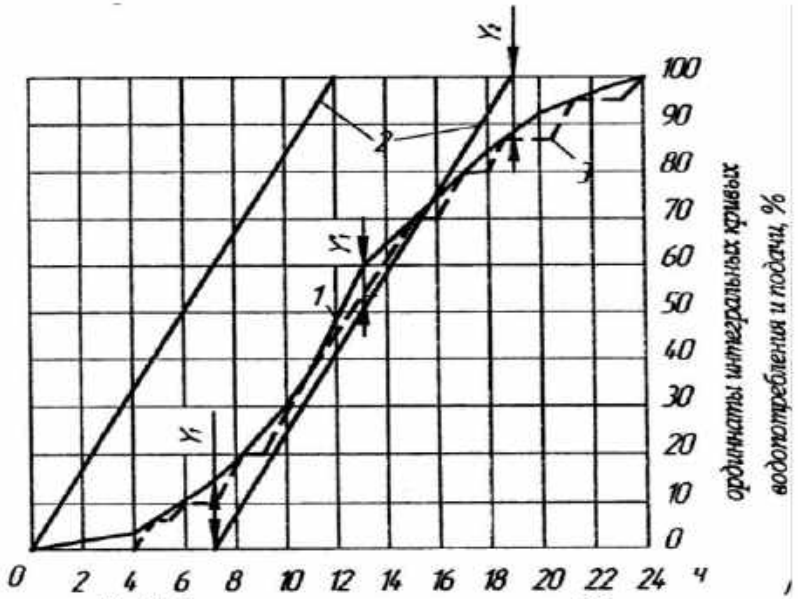


Рис.7. Определение емкости водонапорной башни:
1 – интегральная кривая потребления воды; 2 – линия подачи воды насосом при работе его без перерывов; 3 – линия подачи воды насосом при работе его с перерывами

Для получения необходимого объема водонапорной башни нужно сложить максимальные отклонения прямой 2 от кривой 1 как в большую, так и в меньшую стороны. Объём водонапорной башни равен:

$$V_б = \frac{(y_1 + y_2) \cdot Q_{max.сут}}{100}, \qquad (12)$$

где $V_б$ – регулирующая емкость водонапорной башни, м^3;

y_1 – максимальная ордината от линии подачи воды насосом до интегральной кривой потребления вверх, т.е. максимальный недостаток воды, %;

y_2 – максимальная ордината от линии подачи воды насосом до интегральной кривой потребления вниз, т.е. максимальный избыток воды, %;

$Q_{max.сут}$ – максимальное суточное водопотребление, м^3.

Его необходимо определить по формуле:

$$Q_{\max.сут} = \frac{Q_{max.c} \cdot 3600 \cdot T_{сут}}{K_2} \qquad (13)$$

Для рассматриваемого примера:

$$Q_{\max.сут} = \frac{55 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \cdot 24}{2{,}5} = 1900 \text{ м}^3.$$

Предположим, что насос будет непрерывно работать с 7 до 19 ч, т.е. 12 ч (рис.7). В таком случае максимальный недостаток воды составит y_1 = 13%, максимальный избыток y_2 = 11%, а необходимая емкость водонапорной башни:

$$V_б = \frac{(13+11) \cdot 1900}{100} = 456 \text{ м}^3.$$

Если учитывать, что для водоснабжения сельскохозяйственных предприятий, как правило, используются башни конструкции инженера А.А. Рожновского с вместимостью от 15 до 150 м^3, то полученная емкость башни явно велика. Её можно значительно уменьшить путем автоматизации работы насоса. При этом насос будет работать не непрерывно, а с остановками. Чтобы общее время работы насоса в течение суток осталось неизменным, необходимо пунктирную линию 3 провести на рисунке 7 с тем же углом наклона, что у линии 2, стараясь при этом уменьшить отрезки y_1 и y_2. В рассматриваемом примере линия подачи воды насосом при работе его с перерывами (кривая 3) проведена таким образом, что максимальный недостаток воды y_1^1 составил 6% (в 13 ч), а избытка подачи воды вообще не наблюдалось ($y_2^1 = 0$). В таком случае емкость водонапорной башни составит:

$$V_б = \frac{(6+0) \cdot 1900}{100} = 114 \text{ м}^3.$$

Из приложения 5 выбираем водонапорную башню Рожновского БР-150 (цифра соответствует вместимости башни).

Следует отметить, что автоматизация работы насоса кроме уменьшения емкости башни, сокращает количество обслуживающего персонала, что удешевляет эксплуатацию водопровода.

В завершение этого раздела остается добавить, что при наличии определенных навыков, как правило, все кривые, представленные на рисунке 6, 7, выполняются на одном и том же графике.

4. РАСЧЁТ ОРДИНАТ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Для проверки выполненного расчета водопроводной сети необходимо найти ординаты пьезометрической линии. Каждая узловая точка сети характеризуется своей ординатой пьезометрической линии $Z_{\text{пл}}$, состоящей из высоты положения $h_{\text{гi}}$ и рабочего (свободного) напора H_{pi}.

Вычисление ординат пьезометрической линии, а также связанных с ними рабочих напоров в узловых точках водопроводной сети удобнее всего вести в табличной форме (табл. 8.)

В первую строку этой таблицы заносятся номера всех узловых точек сети, а во вторую – соответствующие им геодезические высоты $Z_{\text{гi}}$, которые указаны на схеме водопроводной сети (рис. 2).

Заполнение третьей строки таблицы 8 начинается с точки, где в соответствии с заданием установлена водонапорная башня. В данном примере эта точка III. Вычисленная в предыдущем разделе высота башни $H_{\text{б}}$ (наибольшая из всех проверенных вариантов) соответствует рабочему напору в точке установки башни, т.е. в точке III. В рассматриваемом примере $H_{\text{б}}$ = 13,84 м. Это число заносится в четвертую строку таблицы 8 для точки III. По известному рабочему напору определяется ордината пьезометрической линии для этой точки сети по формуле:

$$Z_{\text{пл}} = H_{\text{pi}} + Z_{\text{гi}}, \qquad (14)$$

где $Z_{\text{пл}}$ – ордината пьезометрической линии в i-ой точке сети, м;

H_{p} – рабочий напор в i-ой точке сети, м;

$Z_{\text{гi}}$ – геодезическая высота в i-ой точке сети, м.

Подставив значения, получим:

$$Z_{\text{пIII}} = 13{,}84 + 17 = 30{,}84 \text{ м}.$$

Далее можно определить ординаты пьезометрической линии последовательно для всех остальных узловых точек водопроводной сети, двигаясь кратчайшим путем по ходу движения воды от башни ко всем последующим точкам. При этом ордината пьезометрической линии в каждой последующей точке сети будет уменьшаться от предыдущей на величину потерь напора на участке между двумя соседними точками. Таким образом, вода из точки III в первую очередь попадает в точку 6, и ордината пьезометрической линии в точке 6 составит:

$$Z_{\text{п6}} = Z_{\text{пIII}} - h_{w6\text{–III}} = 30{,}84 - 0{,}90 = 29{,}94 \text{ м}.$$

В последующем вода из точки 6 поступает в точку 5 и точку 8, теряя при этом запас напора на преодоление потерь напора соответственно на участках 5–6 и 6–8. Следовательно:

$$Z_{\text{п5}} = Z_{\text{п6}} - h_{w5\text{–}6} = 29{,}94 - 1{,}55 = 28{,}39 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п8}} = Z_{\text{п6}} - h_{w6\text{–}8} = 29{,}94 - 1{,}37 = 28{,}57 \text{ м}.$$

Аналогично определяют ординаты пьезометрической линии для всех остальных узловых точек сети.

$$Z_{\text{п7}} = Z_{\text{п8}} - h_{w7\text{–}8} = 28{,}57 - 1{,}61 = 26{,}96 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п9}} = Z_{\text{п8}} - h_{w8\text{–}9} = 28{,}57 - 1{,}12 = 27{,}45 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п4}} = Z_{\text{п5}} - h_{w4\text{–}5} = 28{,}39 - 2{,}45 = 25{,}94 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п1}} = Z_{\text{п4}} - h_{w1\text{–}4} = 25{,}94 - 4{,}99 = 20{,}95 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п2}} = Z_{\text{п1}} - h_{w1\text{–}2} = 20{,}95 - 5{,}95 = 15{,}00 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п3}} = Z_{\text{п1}} - h_{w1\text{–}3} = 20{,}95 - 0{,}69 = 20{,}26 \text{ м}.$$

Рабочие напоры во всех узловых точках водопроводной сети определяются по формуле:

$$H_{pi} = Z_{\text{п}i} - Z_{ri}\,. \qquad (15)$$

Результаты всех расчетов данного раздела заносятся в таблицу 8.

Полностью заполнив таблицу 8, выполняют визуальную проверку правильности проведенных расчетов. Если рабочий напор в диктующей точке водопроводной сети окажется равным выбранному ранее в формуле (9) $H_р$ = 10 м, а во всех остальных точках водопровода он превышает указанное значение, то, значит, расчеты выполнены верно.

Таблица 8

Значения ординат пьезометрической линии в зависимости от геодезической высоты и потерь напора

№ точки	Геодезическая высота	Ордината	Рабочий напор
III	17	31,06	14,06
1	3	20,95	17,95
2	5	15,00	10,00
3	4	20,26	16,26
4	6	25,94	19,94
5	8	28,82	20,82
6	10	30,16	20,16
7	9	27,44	18,44
8	7	29,53	22,53
9	2	28,41	26,41

5. ПОДБОР НАСОСА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕГО РАБОТЫ

Для водоснабжения сельскохозяйственных объектов обычно применяют центробежные поверхностные насосы различного типа (если в задании указан поверхностный водоисточник и дана длина всасывающей трубы) или погружные электронасосы (в этом случае в задании указывается динамический уровень воды в скважине).

Выбор конкретной марки насоса определяется совокупностью двух основных его параметров: подачи насоса $Q_{н.с.}$ и полного напора $H_н$.

Что касается подачи насоса $Q_{н.с.}$, то она была определена ранее по формуле (8) и для рассматриваемого примера составила $Q_{н.с.}$ = 44 л/с.

Напор же насоса $H_н$, необходимый для подъема воды в количестве $Q_{н.с.}$ на заданную высоту определяется (рис. 8) по формуле:

$$H_{н} = H_{р} + H_{б} + (Z_{б} - Z_{н.с.}) + h_{wвс} + \sum h_{wн.с.-б}, \qquad (16)$$

где $H_{н}$ – напор насоса, м;

$Z_{н.с.}$ – геодезическая высота расположения насосной станции на схеме водопроводной сети, м;

$h_{wвс}$ – общие потери напора во всасывающей трубе, м;

$\sum h_{wн.с.-б}$ – сумма общих потерь напора в напорной линии при движении воды кратчайшим путем от насосной станции до башни, увеличенная на 5…10%, м.

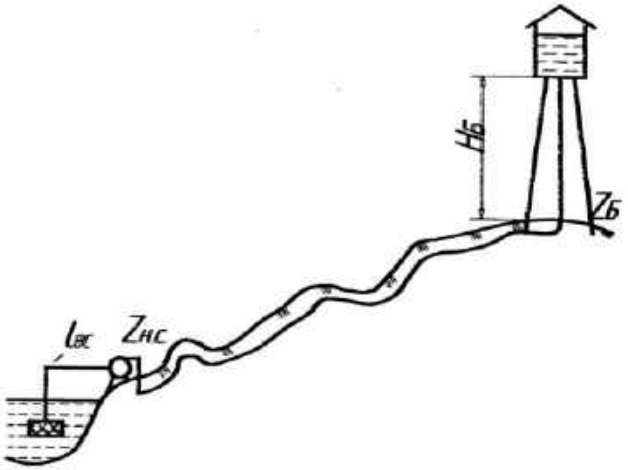


Рис. 8. Схема подачи воды насосной станцией

Общие потери напора во всасывающей трубе определяются по формуле:

$$h_{wвс} = \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v_{вс}^2}{2g}, \qquad (17)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений: клапана ξ= 0…15; поворота ξ=0,3;

λ – коэффициент сопротивления трения;

l – длина всасывающей трубы, м;

$d_{вс}$ – диаметр всасывающей трубы, м;

$v_{вс}$ – скорость движения воды во всасывающей трубе, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Скорость воды во всасывающей трубе:

$$v_{вс} = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi d_{вс}^2}. \qquad (18)$$

Примем, что всасывающая труба имеет те же размеры, что и напорная на участке от насоса до узла 1.

Тогда диаметр всасывающей трубы d = 250 мм, а скорость $v = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0{,}25^2} = 0{,}9$ м/с.

Примем $\sum\xi = 12{,}2 + 0{,}3 = 12{,}5$; $\lambda = 0{,}03$.

Подставив в формулу (17) выбранные и полученные числовые значения получим:

$$h_{увс} = (12{,}5 + 0{,}03 \cdot \frac{8}{0{,}25}) \cdot \frac{0{,}9^2}{2 \cdot 9{,}81} = 13{,}46 \cdot \frac{0{,}81}{19{,}62} = 0{,}56 \text{ м}.$$

Сумма общих потерь напора в напорной линии с учетом местных потерь напора в размере 5% от потерь напора по длине для рассматриваемого примера составляет:

$$\sum h_{ун.с.-б} = 1{,}05(h_{ун.с.-1} + h_{у1-1} + h_{у1-4} + h_{у4-5} + h_{у5-6} + h_{у6-ш});$$
$$\sum h_{ун.с.-б} = 1{,}05(0{,}42 + 2{,}12 + 4{,}99 + 2{,}45 + 1{,}55 + 0{,}90) = 13{,}05 \text{ м}.$$

Следовательно, необходимый напор насоса будет равен:

$$H_н = 10 + 13{,}84 + (17 - 0) + 0{,}56 + 13{,}05 = 54{,}45 \text{ м}.$$

Полученные значения $Q_{н.с.}$ = 44 л/с и $H_н$ = 54,45 м являются основанием для выбора подходящей для данного примера марки насоса.

Напоминаем, что *характеристикой насоса* называется графическая зависимость напора насоса H, допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{вак}^{доп}$, мощности насоса P и его КПД η от подачи насоса Q при постоянной частоте вращения (n = const). Характеристики наиболее распространенных в сельской местности насосов представлены в приложении 6. При выборе нужной марки насоса необходимо руководствоваться следующими требованиями: точка A (рис. 9) с координатами $Q_{н.с}$ и $H_н$ должна находиться ниже кривой напора насоса H, причем как можно ближе к ней, но обязательно в рабочей зоне насоса, т.е. в зоне наивысших значений

КПД насоса η . В таком случае эксплуатация насоса будет экономически выгодной, а, значит, и целесообразной.

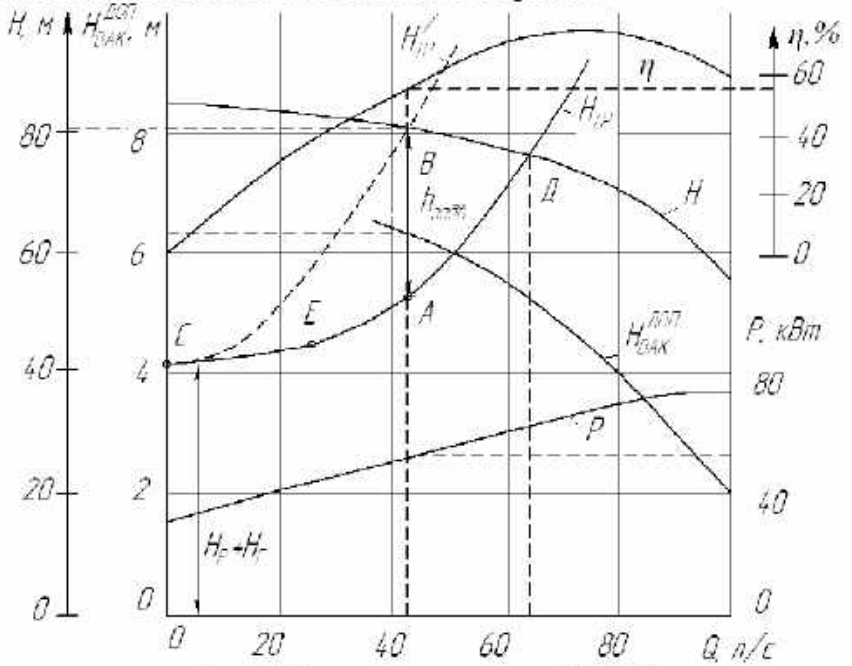


Рис. 9. Характеристика насоса Д 250-75
при частоте вращения $n = 2950$ мин$^{-1}$.

Если указанным требованиям отвечают характеристики двух или более насосов, то правильным будет выбор того насоса, у которого отклонение точки A от кривой напора H будет наименьшим, а КПД η при этом – наибольшим.

В соответствии с изложенными требованиями для данного примера выбираем из приложения 6 насос Д 250-75 с двухсторонним входом воды на колесо и вычерчиваем его характеристику (рис. 9).

Для определения режима или параметров работы насоса необходимо на характеристику насоса наложить характеристику трубопровода $H_{тр}$, которая представляет собой параболическую зависимость сопротивления трубопровода от расхода воды в сети.

Для построения этой параболы можно использовать три точки A, C и E. Координатами точки A являются расчетные значения

$Q_{н.с}$ = 44 л/с и $H_н$ = 54,45 м. Точка *C* соответствует характеристике трубопровода при нулевом расходе воды, а значит находится на пересечении координат $Q = 0$ и $H_0 = H_р + H_т = H_р + H_б + (Z_б - Z_{н.с})$. В рассматриваемом примере $H_р + H_б + (Z_б - Z_{н.с}) = 10 + 13{,}84 + (17 - 0) = 40{,}84$ м. Точка *E* соответствует расходу $Q = Q_{н.с.}/2$.

Координаты этих точек имеют следующие значения: $A(Q_{нс}, H_н)$, $C(0, H_0)$, $E\left(Q_{iйi}/2, H_0 + \frac{H_i - H_0}{4}\right)$. Для рассматриваемого числового примера точки имеют координаты: *A*(44; 54,45), *C*(0; 40,84), *E*(22; 44,24).

При пересечении характеристики трудопровода $H_{тр}$ с напорной характеристикой насоса *H* получим точку *Д*, которая называется рабочей точкой насоса. Её положение на рисунке 9 позволяет определить режим работы насоса с заданным трубопроводом, а именно: напор насоса $H_н$ и подачу насоса $Q_{н.с}$. Для рассматриваемого примера находим: $H_н$ = 76 м и $Q_{н.с}$ = 64 л/с. Как видим, полученная подача насоса превышает расчетное значение (64 л/с > 44 л/с). Чтобы подать выбранным насосом требуемое количество воды, можно либо уменьшить частоту вращения вала насоса, либо прибегнуть к обточке рабочего колеса насоса. В обоих этих случаях можно получить требуемую характеристику насоса $H^1_н$, которая пересечется с характеристикой трубопровода $H_{тр}$ при нужной подаче $Q_{н.с}$, т.е. при 44 л/с.

Однако на практике чаще всего изменяют сопротивление трубопровода в сторону увеличения путем прикрытия задвижки на напорной линии так, чтобы получить заданную подачу воды. Парабола при этом возрастает круче и пересекается с кривой напора насоса *H* в точке *B*, которая является рабочей точкой насоса и определяет необходимый режим совместной работы выбранного насоса с заданной водопроводной сетью.

Характеристика трубопровода с добавочным сопротивлением в прикрытой задвижке $H^1_{тр}$ показана на рисунке 9 пунктирной линией. Как видно из рисунка 9, в месте установки задвижки необходимо погасить излишки напора в размере $h_{задв}$ = 26 м. Следует иметь в виду, что при подборе марки насоса необходимо стремиться к тому, чтобы эти потери напора в задвижке не оказались очень большими.

Положение рабочей точки насоса *B* на рисунке 9 позволяет определить фактический режим его работы. Для этого через указанную рабочую точку В необходимо провести вертикальную линию и на пересечении ее с каждой из функциональных зависимостей прочитать по соответствующей масштабной шкале все параметры работы насоса. В примере они, соответственно, составляют:

$$Q_{н.с} = 44 \text{ л/с}; H_н = 81 \text{ м}; H_{вак}^{доп} = 6{,}3 \text{ м}; P = 52 \text{ кВт}; \eta = 59\%.$$

Однако действительный коэффициент полезного действия насоса, работающего с прикрытой задвижкой, будет меньше. Его можно определить по формуле:

$$\eta_д = \eta\left(1 - h_{задв}/H_н\right), \tag{19}$$

где η – КПД насоса, определенный по его характеристике;

$h_{задв}$ – потери напора в задвижке, м;

$H_н$ – напор насоса, соответствующий рабочей точке;

$$\eta_д = 59\ (1 - 26/81) = 40{,}8\%.$$

По установленной допустимой вакуумметрической высоте всасывания $H_{вак}^{доп}$ можно определить допустимую высоту всасывания воды насосом по формуле:

$$H_{вс} = H_{вак}^{доп} - h_{увс} - \frac{v_{вх}^2}{2g}, \tag{20}$$

где $H_{вс}$ – допустимая по условиям кавитации высота всасывания насоса, м;

$H_{вак}^{доп}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м;

$v_{вх}$ – скорость движения воды во входном патрубке насоса, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Диаметр входного патрубка насоса $d_{вх}$ = 200 мм. По формуле (18) определяем.

$$v_{вх} = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 0{,}2^2} = 1{,}40 \text{ м/с}.$$

Тогда для рассматриваемого примера:

$$H_{вс} = 6{,}3 - 0{,}56 - \frac{1{,}4^2}{2 \cdot 9{,}81} = 5{,}64 \text{ м}.$$

Следует напомнить, что в тех вариантах расчетно-графической работы, где в задании задан динамический уровень воды в скважине, для подачи ее в водопроводную сеть подбирается погружной насос. У этих насосов, как известно, всасывающая труба отсутствует и поэтому рабочими параметрами таких насосов, подлежащими определению в данном разделе работы, являются подача $Q_{н.с}$, напор насоса $H_н$, мощность P и КПД насоса η.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Что положено в основу распределения расходов по участкам?
2. Как определяется экономически выгодный диаметр труб?
3. Методика расчета местных потерь напора и потерь по длине?
4. Как устанавливается правильность расчета кольцевой сети?
5. Почему нельзя допустить величину невязки больше 0,5 м?
6. Для чего, и как определяется поправочный расход?
7. Определение расчетного расхода на участке с путевым расходом.
8. Почему потери на положительных и отрицательных участках кольца одинаковы?
9. Как определить подачу насосной станции?
10. Как найти время работы насосной станции?
11. Как рассчитать высоту водонапорной башни?
12. Что такое рабочий напор? Чему он должен быть равен у 5-ти этажного здания?
13. Какие имеются способы для определения регулирующей емкости башни?
14. Как найти регулирующую емкость с помощью интегральной кривой расхода воды?
15. Что применяется для уменьшения емкости башни?
16. Что является характерным в устройстве и эксплуатации башни Рожновского?

17. Как определяется среднесуточный расход в системе водоснабжения?
18. Как определяется, и какое имеет назначение максимальный суточный расход?
19. Определение и назначение максимального часового расхода.
20. Как рассчитываются ординаты пьезометрической линии?
21. Определение свободного напора в узловых точках.
22. Что необходимо знать для подбора насоса?
23. Как определить напор насоса расчетным путем и по показателям приборов?
24. Каким образом можно убедиться в правильности подбора насоса?
25.Что называется рабочей точкой насоса?
26. Название способов изменения положения рабочей точки насоса. Объяснение.
27. Как пересчитать подачу и напор насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?
28. Как определить полезную мощность насоса?
29. Чем и как оборудуются всасывающая и нагнетательная трубы насоса?
30. Почему высота всасывания насоса не может достигать 10 м?
31. Почему необходимо определять высоту всасывания перед монтажом насоса?
32. Как определяется высота всасывания насоса?
33. Что такое кавитация? Какие могут быть приняты меры для ее гашения?
34. Как пустить насос в работу?
35. Изобразите главную характеристику 2-х параллельно или последовательно работающих насосов.
36. Почему при параллельной работе 2-х одинаковых насосов нельзя получить увеличение подачи в 2 раза?
37. Расшифруйте марку выбранного насоса.
38. Как проверить правильность вращения рабочего колеса?
39. Способы соединения труб в вашем варианте.
40. Чему равна глубина прокладки трубопровода?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кордон, М. Я. ГИДРАВЛИКА : учебное пособие / М. Я. Кордон, В. И. Симакин, И. Д. Горешник. – Пенза : изд. ТГУ, 2005 – 71 с. http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/862/36862/13875

2. Гидравлика : учебное пособие / Г.С. Бухвалов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2016 .– 174 с. – Режим доступа: https://lib.rucont.ru/efd/543435

3. Бухвалов, Г.С. Гидравлические машины : учеб. пособие / Г.С. Бухвалов, П.М. Карпов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. –177 с.

4. Палишкин, Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение : учебное пособие / Н.А. Палишкин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 351 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельные сопротивления стальных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	3686,00	300	0,8466
75	929,40	350	0,3731
100	112,90	400	0,1859
125	76,36	450	0,0928
150	30,65	500	0,0578
175	20,79	600	0,0226
200	6,69	700	0,0110
250	2,19	800	0,0055

Приложение 2

Удельные сопротивления чугунных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	11540,00	350	0,4365
100	311,70	400	0,2189
125	96,72	450	0,1186
150	37,11	500	0,0678
200	8,092	600	0,0260
250	2,528	700	0,0115
300	0,948	800	0,0057

Приложение 3

Удельные сопротивления асбестоцементных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	6851,00	300	0,9140
75	835,30	350	0,4342
100	187,70	400	0,2171
125	76,08	500	0,0714
150	31,55	600	0,0212
200	6,90	700	0,0095
250	2,23	800	0,0048

Приложение 4

Удельные сопротивления полиэтиленовых труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
51	6297,00	163	14,520
62	2470,00	184	7,708
73	966,40	204	4,495
90	323,60	229	2,457
102	168,20	248	1,620
114	94,08	279	0,875
130	47,36	314	0,472
147	24,92	354	0,252

Приложение 5

Краткая характеристика водонапорных башен

Тип башен	Марка башни	Высота ствола башни $H_б$, м	Вместимость бака, $W_б$, $м^3$
Унифицированная башня Рожновского	БР-15	12	15
	БР-25	12; 15	25
	БР-50	15; 18	20
	БР-100	15; 18	100
	БР-150	18	150

Приложение 6

Краткие сведения о насосах и их характеристики

В агропромышленном комплексе наибольшее распространение получили центробежные насосы нескольких типов, предназначенные для подачи воды как из поверхностных, так и из подземных источников. Чаще других применяются насосы типа *К*, типа *Д* и типа *ЭЦВ*.

Консольные насосы типа *К* – горизонтальные, одноступенчатые, консольного типа с рабочим колесом одностороннего входа – предназначены для подачи воды с температурой до 105°С и применяются для небольших стационарных и передвижных установок, Насосы типа К поставляются комплектно с электродвигателем, соединительной муфтой и фундаментной плитой.

В настоящее время насосы этого типа маркируются следующим образом: *К–Q/H*, где *К* – консольный насос; *Q* – подача насоса, $м^3/ч$; *H* – напор насоса, м. Например, марка насоса *К*–20/30 означает, что это насос консольного типа, имеет подачу 20 $м^3/ч$ и напор 30 м при

этой подаче. Следует заметить, что до конца 70-х годов прошлого века эти насосы обозначали буквой *К*, перед которой указывали диаметр всасывающего патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз, а после буквы *К* через черточку – быстроходность насоса n_s, уменьшенную в 10 раз. Например, насос К–20/30 раньше имел марку 2К-6. Это означало, что насос – консольный, имеет диаметр всасывающего патрубка 50 мм, а быстроходность его $n_s = 60$.

Насосы с двухсторонним входом воды на колесо типа Д являются весьма распространенной группой одноступенчатых насосов с горизонтальным разъемом корпуса. Насосы этого типа с полуспиральным подводом жидкости к колесу с двухсторонним входом имеют ряд преимуществ по сравнению с другими насосами: лучшие кавитационные качества и разгруженность вала от осевых усилий за счет условий входа потока на рабочее колесо.

Насосы с двухсторонним входом сейчас маркируются так: *Д Q–H*, где *Д* – насос с двухсторонним входом жидкости; Q – подача насоса, м^3/ч; *H* – напор, м. Например, *Д* 250–75, что означает насос с двухсторонним входом, имеет подачу 250 м^3/ч и напор 75 м. Кстати, ранее эти насосы имели другое обозначение, а именно *аНДк*, где *а* – диаметр напорного патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз; *Н* – насос; *Д* – двухстороннего входа воды на колесо; *к* – указатель напора, который развивает насос. При этом возможны следующие варианты напоров:
«*в*» – высоконапорный; «*с*» – средненапорный; «*н*» – низконапорный. Например, марка насоса 6*НДс* означает, что это насос с двухсторонним входом воды на колесо, имеет напорный патрубок диаметром 150 мм и создает средний напор.

Скважинные насосы с погружным электродвигателем типа *ЭЦВ* представляют собой агрегат, состоящий из центробежного многоступенчатого насоса и погружного электродвигателя, которые подвешиваются в скважине на колонне водоподъемных труб. Насосы *ЭЦВ* $d_{скв}$–*Q*–*H*, где *Э* – электрический; *Ц* – центробежный; *В* – водяной; $d_{скв}$ – диаметр скважины в мм, уменьшенный в 25 раз; *Q* – подача насоса, м^3/ч; *H* – напор насоса, м. Например марка насоса *ЭЦВ*–12–160–100 означает, что электрический центробежный водяной насос может использоваться в скважине диаметром 300 мм и имеет подачу 160 м^3/ч и напор 100 м при этой подаче.

Характеристики некоторых центробежных насосов представлены на рисунках П.6.1-П.6.12.

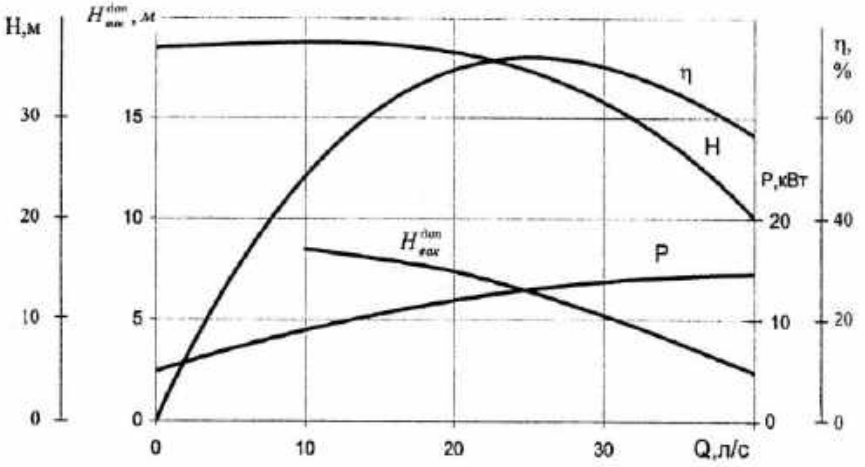


Рис. П.6.1. Характеристика насоса К-90/35 (4К-12) при n = 2900 мин$^{-1}$

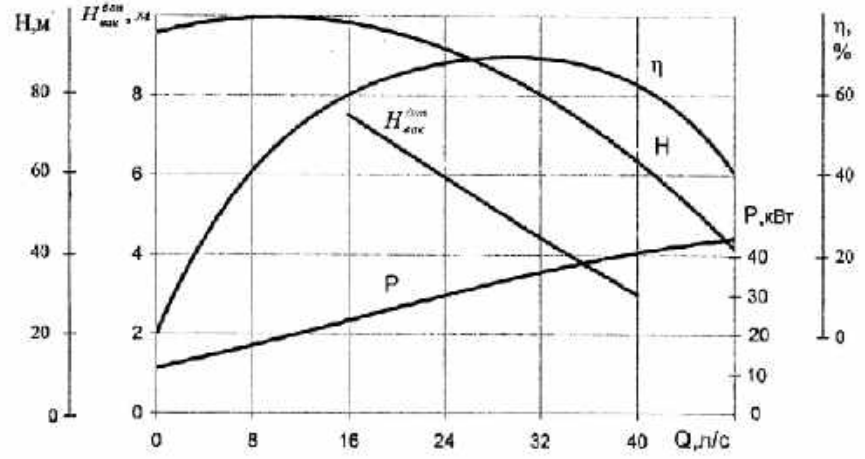


Рис. П.6.2. Характеристика насоса К-90/85 (4К-6) при n = 2900 мин$^{-1}$

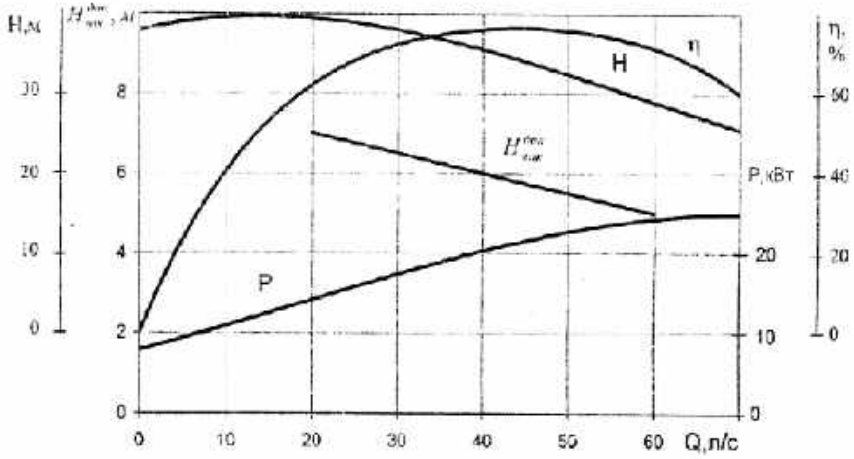


Рис. П.6.3. Характеристика насоса К-160/30 (6К-8) при n = 2900 мин$^{-1}$

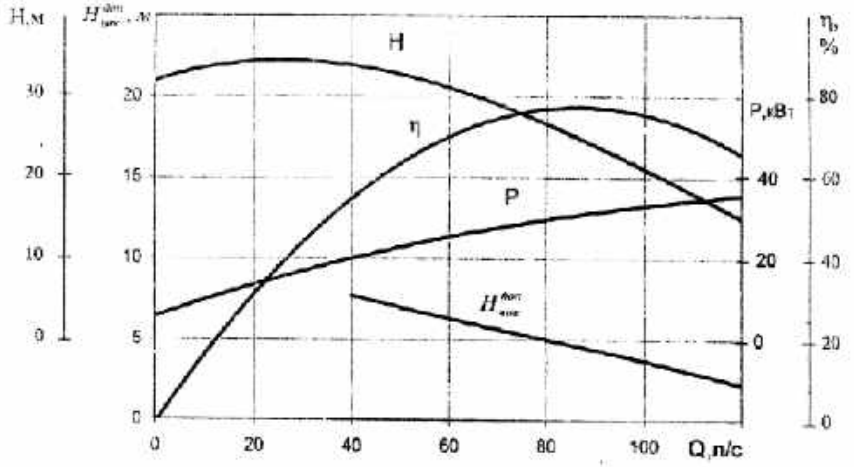


Рис. П.6.4. Характеристика насоса К-290/25 (8К-12) при n = 1450 мин$^{-1}$

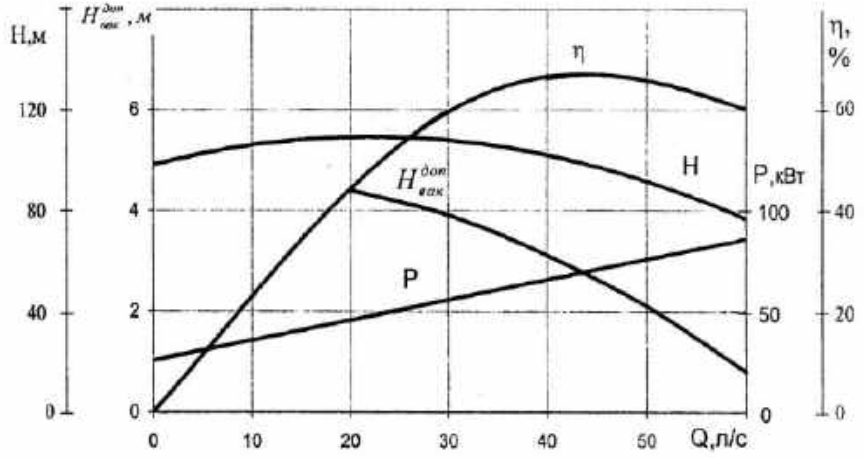


Рис.П.6.5. Характеристика насоса Д160-100 (4НД) при n = 2950 мин$^{-1}$

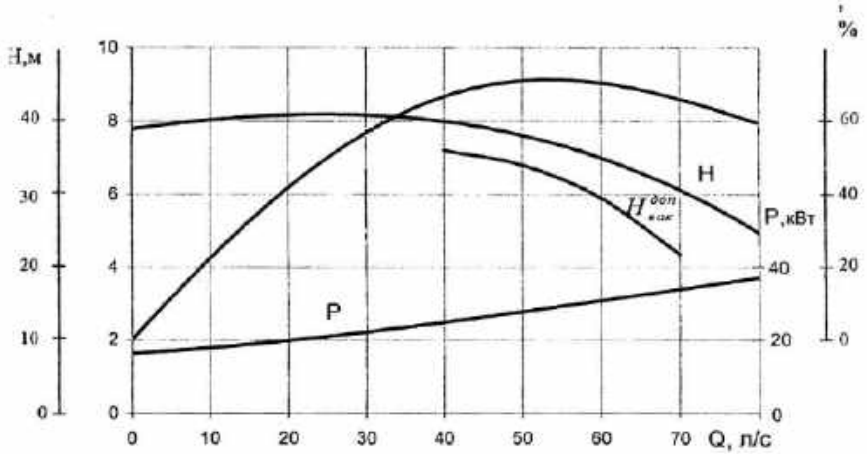


Рис.П.6.6. Характеристика насоса Д250-35 (5НДв) при n = 1450 мин$^{-1}$

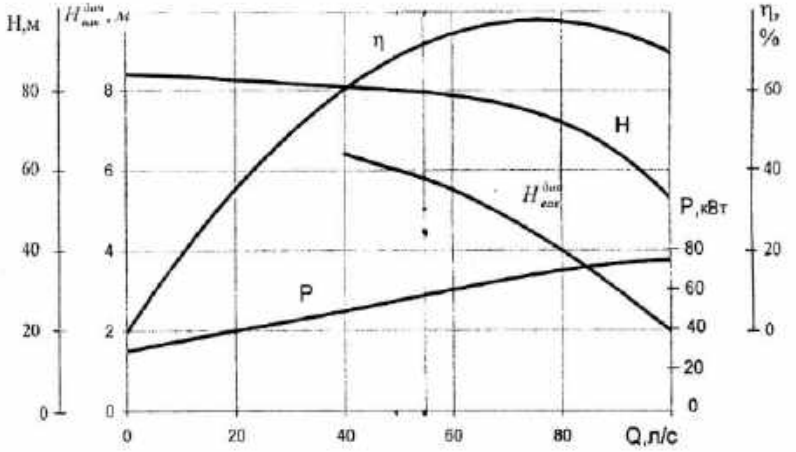


Рис.П.6.7. Характеристика насоса Д250-75 (6НДс) при n = 2950 мин$^{-1}$

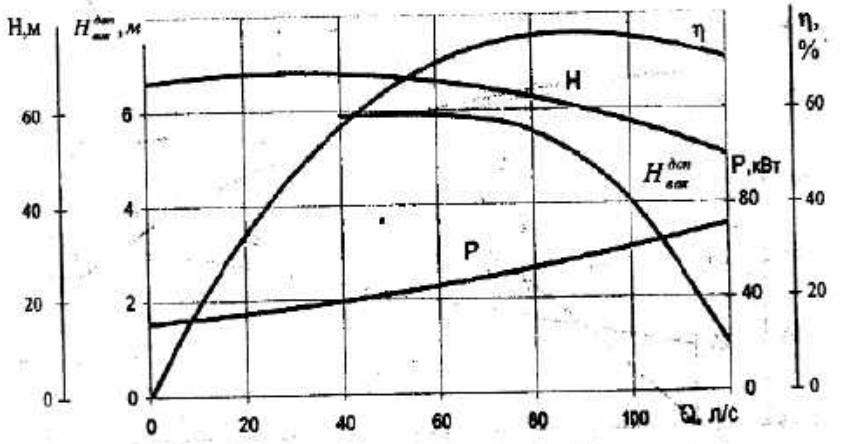


Рис.П.6.8. Характеристика насоса Д320-50 (6НДв) при n = 1450 мин$^{-1}$

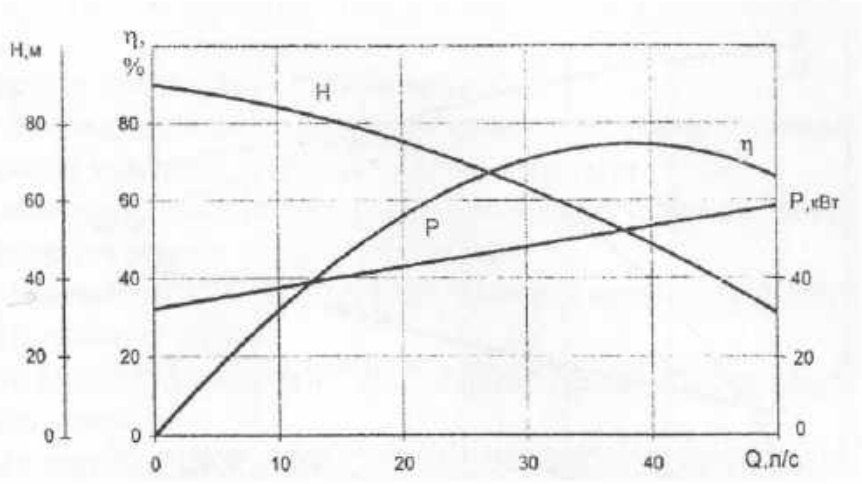


Рис.П.6.9. Характеристика насоса ЭЦВ 10-120-6

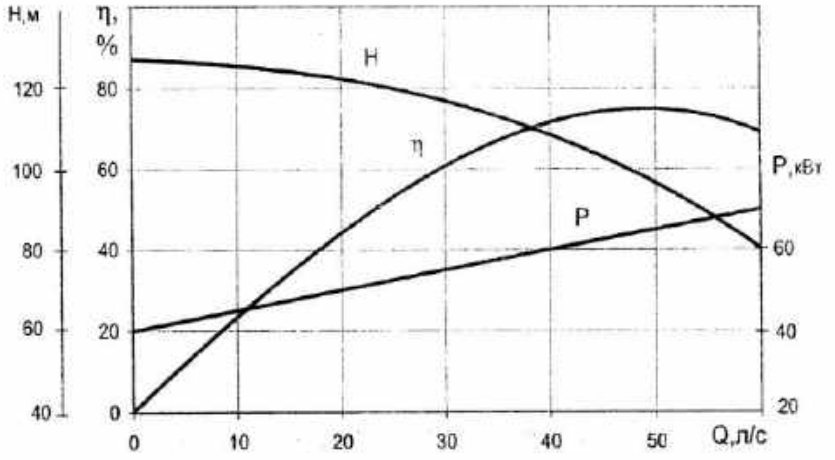


Рис. П.6.10. Характеристика насоса ЭЦВ 12-160-100

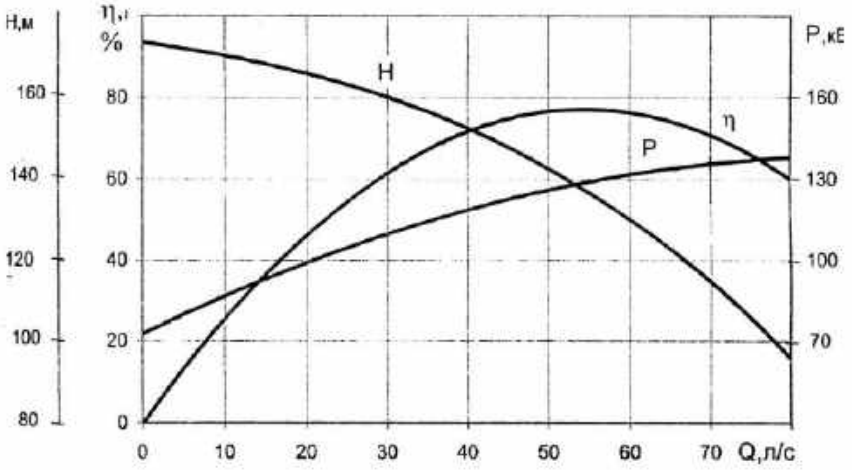


Рис.П.6.11. Характеристика насоса ЭЦВ 14-200-140

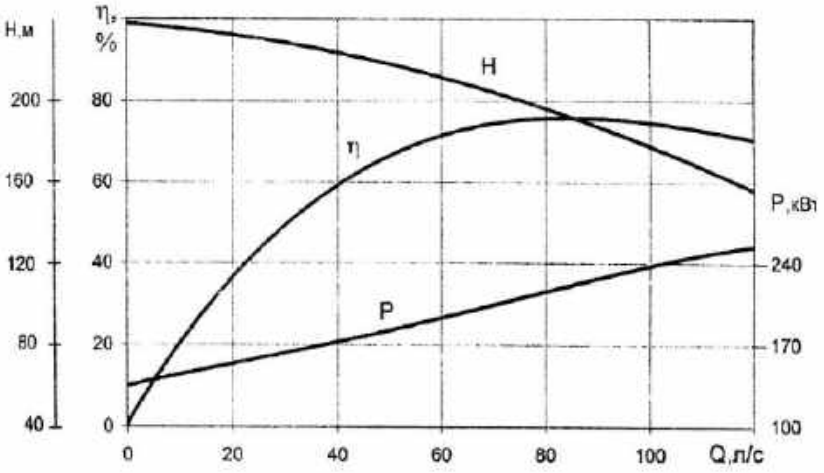


Рис.П.6.12. Характеристика насоса ЭЦВН 16-360-180

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Общие сведения 4

1. Исходные данные 6

2. Методика расчёта водопроводной сети 8

2.1. Гидравлический расчёт кольца 9

2.2. Расчёт тупиков 14

3. Расчёт высоты и ёмкости водонапорной башни 15

4. Расчёт ординат пьезометрической линии 21

5. Подбор насоса и определение параметров его работы 23

6. Контрольные вопросы для подготовки к сдаче расчетно-графической работы 29

Рекомендуемая литература 31

Приложения 32

Учебное издание

Составители:

Киров Юрий Александрович
Денисов Сергей Владимирович
Мишанин Александр Леонидович

Гидравлический расчет водопроводной сети

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 31.12.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,44; печ. л. 2,63.
Тираж 50. Заказ № 462.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ГИДРАВЛИКА

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 532 (07)
ББК 30.123 Р
Г94

Г94 Гидравлика : методические указания / сост. С. В. Денисов, А. Л. Мишанин, Ю. А. Киров, Г. С. Бухвалов. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 122 с.

Методические указания содержат сведения о теоретических положениях гидравлики, методике проведения экспериментальных исследований, приёмах определения опытным путём коэффициентов, необходимых для практических расчётов.

Издание предназначено для подготовки бакалавров по направлению: Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Денисов С.В., Мишанин А.Л.,
Киров Ю.А., Бухвалов Г.С.,
составление, 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические указания, составленные согласно рабочей программе дисциплины «Гидравлика», помогут студентам как в выполнении лабораторных работ, так и при подготовке к сдаче экзамена.

В целом методические указания помогут студенту в формировании системы компетенций для освоения дисциплины «Гидравлика».

В гидравлике опыт является неизбежным спутником теоретических исследований. Опытом проверяется правильность теоретических решений, уточняются полученные закономерности, вносятся соответствующие поправки, которые дают возможность применять полученные соотношения в практических расчетах.

Значение эксперимента в гидравлике очень велико, так как большое количество практических задач, ввиду их большой сложности, решается часто опытным путем, например, определение потерь в местных сопротивлениях, характеристик насосов и.т.д.

Цель – помочь студентам в подготовке к занятиям, в работе на занятии, а также написании и правильного оформлении отчетов по проделанной работе.

Задачи:

- **овладеть** практическими навыками применения законов гидравлики для решения прикладных задач гидромеханизации сельскохозяйственных процессов;

- **подтвердить** опытным путем отдельного теоретического положения гидравлики;

- **показать** приемы определения опытным путем коэффициентов, которые необходимы при использовании аналитических формул в практических расчетах;

- **проверить** соответствие значений гидравлических характеристик, вычисленных по аналитическим зависимостям, их величинам, наблюдаемым в опыте;

- **обучить** студентов элементарным навыкам и приемам проведения экспериментальных исследований.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Методические указания содержат описание и методику проведения лабораторных работ, иллюстрирующих законы равновесия и движения жидкостей.

Результаты проводимых опытов записываются в рабочую тетрадь по образцам, приведенным в указаниях. В тетради для каждой работы должны быть указаны задачи работы, приведена схема лабораторной установки, общие сведения по теории вопроса, табличные формы записей и обработка опытных данных.

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо уяснить её содержание, последовательность проведения, наблюдений и измерений. Общие сведения по теме работы изложены довольно кратко с расчетом на то, что поставленная в лабораторной работе тема усвоена студентом на лекциях или при ознакомлении с соответствующим разделом курса гидравлики по литературным источникам.

В рабочей тетради после указания номера и названия работы вычерчивается схема экспериментальной установки. Выписываются формулы и зависимости, необходимые для вычисления определяемых в каждой работе величин.

После проведения опыта необходимо проверить, все ли графы таблицы записей опытных данных заполнены.

При обработке опытных данных надо внимательно следить за правильной размерностью величин, подставляемых в формулы. Ошибки студентов при обработке опытных данных чаще всего происходят из-за несоответствия размерностей величин в уравнениях.

В расчетах рекомендуется использовать размерности, наиболее удобные при проведении той или иной работы.

Каждая лабораторная работа заканчивается разделом «Выводы», где отмечается согласованность полученных результатов с теорией или наличие отклонений. Если по условиям опыта производится сопоставление полученных результатов с опытными данными других исследований, то есть справочными значениями или с результатами расчета по эмпирическим формулам, то указываются результаты этого сопоставления. Особую ценность представляют попытки обучающихся проанализировать причины несоответствия приведенных справочных значений и их собственных

опытных данных, полученных по результатам выполненной лабораторной работы.

Все наблюдения, измерения, вычисления и анализ полученных данных проводятся обучающимися самостоятельно.

Руководитель лабораторных занятий контролирует проведение опытов, обработку материала и принимает выполненную работу.

Оформление отчетов по каждой лабораторной работе производится в часы, отведенные на выполнение работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И НАПОРА С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ ПРИБОРОВ

Задачи работы: изучить конструкции измерительных приборов и методы измерения гидравлических величин, определить избыточное гидростатическое давление с помощью пьезометров.

Оборудование и инструмент: образцы приборов, установка для определения гидростатического давления, исследуемые жидкости, измерительная линейка.

Выполнение лабораторных работ сопровождается измерением следующих величин: уровня свободной поверхности жидкости в резервуаре, давления в различных точках покоящейся и движущейся жидкости, расхода жидкости и т.д.

Измерением называется экспериментальное определение соотношений между измеряемой величиной и единицей намерения.

Тела и специальные устройства, воспроизводящие единицу измерения вещественно, называются *мерами*.

Как бы тщательно не выполнялись измерения, их результаты неизбежно будут отличаться от действительных значений измеряемых величин, т.е. будет иметь место определенная погрешность измерения.

Различают абсолютную и относительную погрешности.

Разность между приближенными и принятыми значениями называют *абсолютной погрешностью* или *ошибкой*. Абсолютная погрешность зависит от точности приборов, цены деления прибора и размера этого деления, а также от опытности студента, выполняющего замеры и от условий работ.

В условиях лаборатории гидравлики при средней опытности студентов, выполняющих замеры, величину абсолютной погрешности основных лабораторных приборов и устройств можно принимать по данным табл. 1, однако абсолютная погрешность сама по себе не характеризует хорошо или плохо выполнены замеры.

Качество измерения характеризует относительная погрешность, которая зависит от значения абсолютной погрешности и измеряемой величины.

Относительной погрешностью называют долю абсолютной погрешности от всей измеряемой величины, выраженную в процентах.

Таблица 1

Величины абсолютных погрешностей приборов

Наименование приборов и устройств	Цена деления	Абсолютная погрешность
Микрометр	0,01 мм	0,005 мм
Штангенциркуль	0,1 мм	0,05 мм
Мерная линейка	1 мм	0,5 мм
Пьезометр	1 мм	0,5 мм
Мерное ведро	10 л	0,5 л
Секундомер	0,2 с	0,1 с
Манометр	0,2 ат	0,05 ат
Термометр	1°	0,5 °

Для измерения уровней жидкости применяется водомерное стекло (рис. 1), представляющее собой стеклянную (в отдельных случаях поливинилхлоридную) трубку, снабженную шкалой и присоединенную к резервуару, в котором измеряется высота уровня жидкости.

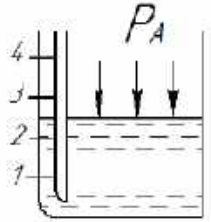


Рис 1. Схема уровнемера

Так как резервуар и водомерное стекло представляют собой сообщающиеся сосуды, в которых давления на свободных поверхностях одинаковы, то измерение сводится к определению уровня

в трубке. Основная погрешность прибора обусловлена капиллярностью. Если трубка имеет малый диаметр до 12 мм, то в показание прибора вносится поправка на капиллярность, равная для воды Δh=-30/d, мм.

Водомерное стекло отличается простотой конструкции и изготовления, не требует высокой квалификации при работе с ним, однако уровни визуально фиксируются только в момент отсчета, а максимальные и минимальные значения при колебании уровня могут быть не зафиксированы.

Повторность измерений позволяет снизить величину случайных погрешностей, вызванных неточностью отсчетов в ту или другую сторону, неизбежно допускаемых наблюдателем. Обычно при проведении учебных лабораторных работ ограничиваются двух - трехкратными замерами величин, после чего определяют среднеарифметический результат.

Для измерения уровня воды берут три отсчета по водомерному стеклу H_1, H_2, H_3.

Среднее значение уровня будет: $H=(H_1+H_2+H_3)/3$.

Приборы для измерения давлений классифицируют по различным признакам. По характеру измеряемого давления приборы разделяют на следующие классы:

1) *барометры* – приборы для измерения атмосферного давления;

2) *манометры* – приборы для измерения избыточного давления;

3) *вакуумметры* – приборы для измерения вакуума;

4) *мановакуумметры* – приборы для измерения, как избыточного давления, так и вакуума;

5) *манометры абсолютного давления* – приборы для измерения абсолютного (полного) давления;

6) *дифференциальные манометры* – приборы для измерения разности давлений.

По принципу действий приборы различают:

а) жидкостные;

б) механические;

в) электрические;

г) комбинированные.

Простейшим прибором для измерения избыточного давления является пьезометр (рис.2, а). Он представляет собой вертикально установленную прозрачную стеклянную или ПВХ трубку с открытым верхним концом

Измерения по пьезометру проводят в единицах длины, поэтому иногда давления выражают в единицах высоты столба определенной жидкости. Пьезометр высотой 1,5...2 м позволяет измерить давление до 0,15...0,20 атм.

Основным достоинством пьезометра является простота устройства и точность измерения. Основным недостатком пьезометра является малый диапазон измеряемых давлений. При больших давлениях пьезометр становится слишком громоздким. К недостаткам пьезометра также можно отнести хрупкость.

Избыточное давление в жидкостях или газах измеряется *манометрами*. Это весьма обширный набор измерительных приборов различной конструкции и различного исполнения

На рисунке 2,б показана схема действия поршневого манометра. При увеличении давления в сосуде жидкость или газ по закону Паскаля передаёт это давление на нижнюю поверхность поршня, заставляя его тем самым подниматься или опускаться. Поршень связан через систему рычагов с указательной стрелкой.

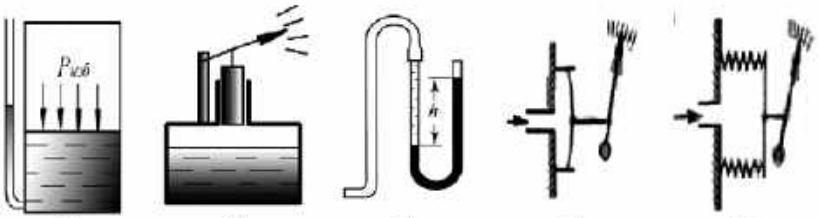


Рис. 2. Приборы для измерения избыточного давления:
а) пьезометр, б) поршневой манометр, в) жидкостный манометр,
г) мембранный манометр, д) сильфонный манометр

Другой тип манометра – это открытый (жидкостный) манометр (рис.2, в). Он состоит из U-образной трубки, наполненной ртутью или другой жидкостью. Работа основана на законе сообщающихся сосудов и на уравновешивании измеряемого давления газа давлением столба жидкости (ртути, воды и т. д.). В один конец трубки подается давление. Жидкость в другой трубке поднимается до тех пор, пока измеряемое давление не будет в точности равно давлению, вызываемому разностью уровней жидкости в двух коленах трубки. Зная эту разность высот можно рассчитать давление.

Недостатком такого манометра является то, что величина давления зависит от ускорения свободного падения в данном месте. Не всегда такой манометр градуируется в паскалях, часто бывает удобным измерять давление в единицах высоты столба данной жидкости - в миллиметрах ртутного столба, водяного столба (1 мм вод. ст. – 9,8 Па; 1 мм рт. ст. = 133,3 Па)

Одним из простых приборов для измерения повышенных и высоких давлений является трубчатый манометр или манометр Бурдона Главная составная часть его - изогнутая по дуге латунная труба 1 овального сечения (рис. 3).

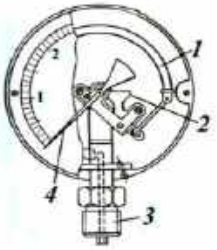


Рис. 3 Пружинный манометр:
1 – трубка; 2 – система зубчатых колес и рычагов; 3 – штуцер; 4 – стрелка

Жидкость или газ, производя давление изнутри трубки, выпрямляет ее, по аналогии со знакомой каждому детской игрушкой «тещин язык».

Жидкость или газ подается в штуцер *3*, соединенный с трубкой *1*. Трубка, распрямляясь, приводит в движение систему зубчатых колес и рычагов *2*, которые поворачивают стрелку *4*; чем больше давление, тем на больший угол повернется стрелка. Угол поворота стрелки пропорционален измеряемому давлению. Шкала, нанесенная на циферблате, градуирована в единицах давления. Обычно манометр калибруется в *кгс/см*^{2}. Такие манометры применяются при измерении давления воздуха, пара, газов и жидкостей. Манометры для измерения давления в шинах автомобиля часто бывают типа манометра Бурдона.

Таким образом, это деформационный манометр.

К деформационным относятся также мембранные и сильфонные манометры (рис. 2, г, д)

Главной частью мембранного манометра является гибкая круглая плоская пластина способная получить прогиб под дей-

ствием давления.

Сильфонный манометр (сильфон) представляют собой тонкостенную цилиндрическую оболочку с поперечными гофрами, способную получать значительное перемещении под действием давления. Для увеличения жесткости внутрь сильфона часто помещают пружину. Сильфоны изготавливают из бронзы, углеродистой стали, алюминиевых сплавов. Серийно производят бесшовные и сварные сильфоны диаметром от 8-10 до 80-100 мм. Сильфоны более чувствительны, чем мембранные манометры и имеют больший диапазон измерений.

Основными достоинствами приборов являются большой диапазон измеряемых давлений, простота устройства и применения, портативность и универсальность.

Основным недостатком приборов является непостоянство их показаний, вследствие постепенных изменений упругих свойств пружинящего элемента, возникновения остаточной деформации, износа передаточного механизма. Поэтому такие приборы необходимо периодически проверять.

Порядок выполнения работы

Для измерения гидростатического давления и удельного веса жидкостей с помощью пьезометров необходимо в пьезометр *2* залить воду, в пьезометр *1* – испытуемые жидкости (рис. 4). Один конец каждого из пьезометров соединен с воздушной областью резервуара *3*, другой выведен в атмосферу.

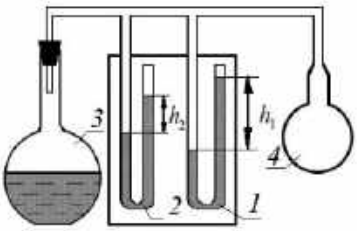


Рис.4. Установка для измерения гидростатического давления с помощью пьезометров:
1;2 – пьезометры; 3 – резервуар с жидкостью; 4 – насос;
5 – шкала для измерения пьезометрической высоты

С помощью насоса *4* на свободной поверхности жидкости, залитой в резервуар, создают избыточное гидростатическое давления. Затем, с помощью линейки измеряют пьезометрические высо-

ты h_1 и h_2 (разность уровней жидкости) в пьезометрах *1* и *2*.

Аналогичным образом проводят несколько опытов с различными жидкостями.

Полученные результаты заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Экспериментальные и расчётные данные

№ опыта	Пьезометрические высоты (м)		$P_{изб}$ (Па) $p_{изб} = \gamma_{ж.с} \cdot h_2$	Удельный вес жидкости, Н/м^2		Плотность жидкости, кг/м^3 $\rho = \gamma_2/g$
	h_1	h_2		$\gamma_{ж.с}$	$\gamma_2 = P_{изб}/h_1$	
1				9810		
2						
3						

Контрольные вопросы

1. Понятие абсолютного избыточного, манометрического и вакуумметрического давлений, их предельное значения, графическая интерпретация этих понятий на числовой оси.
2. Жидкостные приборы для измерения давлений.
3. Механические приборы для измерения давлений, их классификация.
4. Класс точности манометров. Определение класса точности манометра.
5. Соотношение между высотой столба жидкости и давлением, которое он создает.
6. Соотношение между единицами давления в технической системе единиц и системе СИ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Задачи работы: – убедиться в наличии ламинарного и турбулентного режимов движения воды и определить критическое число Рейнольдса.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, термометр, мерный резервуар, секундомер, график для определения коэффициента кинематической вязкости.

Одна и та же жидкость, протекающая внутри трубы, может иметь два совершенно различных режима движения: ламинарный и турбулентный. Ламинарный режим отличается правильным струйчатым или слоистым характером движения. При турбулентном же режиме движение частиц жидкости носит беспорядочный

характер.

Характеристикой режима движения служит безразмерное число Рейнольдса.

Для круглых цилиндрических труб оно определяется по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu}, \qquad (2.1)$$

где R_e – число Рейнольдса;

ϑ – средняя скорость потока жидкости, м/с;

d – диаметр трубы, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Для открытых каналов число Рейнольдса подсчитывается по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot R}{\nu}, \qquad (2.2)$$

где R – гидравлический радиус, м.

Величина гидравлического радиуса определяется следующей зависимостью:

$$R = \frac{S}{\chi}, \qquad (2.3)$$

где S – площадь живого сечения, м²;

χ – смоченный периметр, м.

Ламинарный режим потока будет устойчивым для круглых труб при $R_e \leq 2300$ и для открытых потоков при $R_e \leq 575$. При превышении приведенных значений числа Рейнольдса режим движения жидкости будет турбулентным.

Во время проведения опытов диаметр трубы и коэффициент кинематической вязкости будут оставаться постоянными, следовательно, число Рейнольдса будет зависеть только от скорости потока жидкости. Тогда:

$$R_{e_{кр}} = \frac{\vartheta_{кр} d}{\nu}, \qquad (2.4)$$

где $R_{e_{кр}}$ – критическое число Рейнольдса;

$\vartheta_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с.

Для определения критической скорости $\vartheta_{кр}$ и критического числа Рейнольдса $R_{e_{кр}}$ строится график так называемой логарифмической анаморфозы (рис. 5).

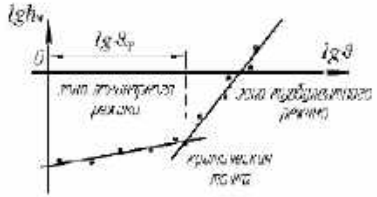


Рис. 5. График для определения критической скорости

Откладывая по оси абсцисс значения $\lg \vartheta$, а по оси ординат $\lg h_w$ (где h_w потери напора, м), получаем две группы опытных точек, соответствующих ламинарному и турбулентному режимам движения.

Каждую группу опытных точек определяют прямыми, которые пересекаются в критической точке.

Потери напора h_w в трубе определяются разностью показаний пьезометров. Из графика логарифмической анаморфозы определяем $\lg \vartheta_{кр}$, а затем $\vartheta_{кр}$ и $R_{e_{кр}}$.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить с помощью вентиля *5* (рис. 6) резервуары *1* и *2* водой до переливания её через трубу *10*. Для пропуска воды по прозрачной трубе *3* сначала вентиль *7* приоткрывается очень незначительно. Одновременно открывается кран *6* для подачи в трубу красящей жидкости. При малых скоростях движения воды в трубе вводимая в поток краска не будет перемешиваться с окружающей средой, что укажет на наличие ламинарного режима. В последующих опытах степень открытия вентиля *7* постепенно увеличивается и в какой то момент ламинарный режим переходит в турбулентный, когда красящая жидкость в трубе активно перемешивается с водой. В каждом из проведенных опытов кроме наблюдаемого режима движения фиксируются показания пьезометров *11* и *12*, а также время t (с) наполнения мерного резервуара *8* объемом V ($см^3$) с помощью секундомера. Потери напора h_w в трубе *3* определяются по разности показаний пье-

зометров h_1 и h_2.

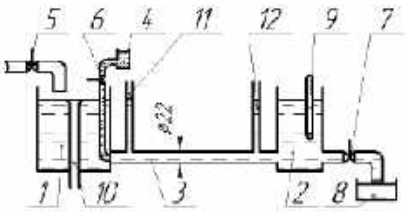


Рис. 6. Схема установки для исследования режима движения жидкости:
1 – напорный резервуар; 2 – приемный резервуар; 3 – стеклянная трубка;
4 – бачок с красящей жидкостью; 5,7 – регулировочный вентиль;
6 – кран подачи красящей жидкости; 8 – мерный резервуар;
9 – термометр; 10 – переливная труба; 11, 12 – пьезометр

Зная температуру воды во время проведения опытов, по графику определяем коэффициент кинематической вязкости υ.

Всего в лабораторной работе надо проделать минимум 4…5 опытов при каждом режиме движения. Все опытные данные заносятся в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты измерения и обработка опытных данных

№ опыта	Наблюдаемый режим	Отчёты пьезометров		h_w, см	V, см^3	t, с	Q, см^3/с $Q=\frac{V}{t}$	ϑ, см/с $\vartheta=\frac{Q}{S}$	lg ϑ	lgh_w
		h_1, см	h_2, см							
1										
2										
…										
10										

В процессе проведения опытов необходимо определить температуру жидкости t°С и по графику определить величину коэффициента кинематической вязкости ν см²/с.

По полученным данным в рабочей тетради строится логарифмическая анаморфоза, на которой определяется критическая точка, а далее lg $\vartheta_{кр}$, $\vartheta_{кр}$ и $R_{e_{кр}}$, и делаются выводы.

Контрольные вопросы

1. Как установить режим движения жидкости?

2. Какие параметры определяют режим движения жидкости?

3. При каких значениях числа Рейнольдса будет ламинарный, турбулентный режим движения жидкости.

4. Назовите параметры ламинарного движения жидкости.

5. Какова размерность числа Рейнольдса?

6. Меняется ли критическое число Рейнольдса в зависимости от вида жидкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ Д. БЕРНУЛЛИ

Задачи работы: Проследить по приборам, установленным на напорном трубопроводе переменного сечения, переход энергии в потоке из потенциальной в кинетическую и обратно в соответствии с уравнением Бернулли. Построить пьезометрическую и напорную линии потока.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, секундомер.

Рассматривая поток жидкости как совокупность элементарных струек, полную удельную энергию потока при установившемся движении можно выразить уравнением Бернулли:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot \vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 \cdot \vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w , \qquad (3.1)$$

где Z – высота положения выбранного сечения над плоскостью сравнения (геодезический напор), м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ –пьезометрическая высота (напор) или расстояние от оси трубы до уровня воды в пьезометре, м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – скоростная высота или скоростной напор, м;

α – коэффициент, характеризующий неравномерность распределения местных скоростей по сечению потока (в лабораторной работе можно принять $\alpha = 1$);

h_w – потери напора на пути движения жидкости от одного сечения к другому, м.

С энергетической точки зрения члены уравнения Бернулли, отнесенные к единице веса потока, представляют следующие

составляющие:

Z – удельная потенциальная энергия положения, м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ – удельная потенциальная энергия давления, м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – удельная кинетическая энергия, м;

h_w – удельная энергия, затраченная на преодоление сопротивлений на пути потока жидкости, м;

$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – удельная полная энергия потока, м.

Следует отметить, что все члены уравнения Бернулли имеют размерность длины.

Таким образом, уравнение Бернулли является выражением закона сохранения энергии в потоке жидкости. Если на участке потока уменьшается скорость, а, следовательно, и кинетическая энергия, то согласно уравнению Бернулли, на этом участке должно соответственно возрасти давление, то есть потенциальная энергия.

Полный напор или полная энергия потока $Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ непрерывно уменьшается по пути движения на величину потерь напора h_w, так как часть его затрачивается на преодоление сопротивлений.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой (рис. 7).

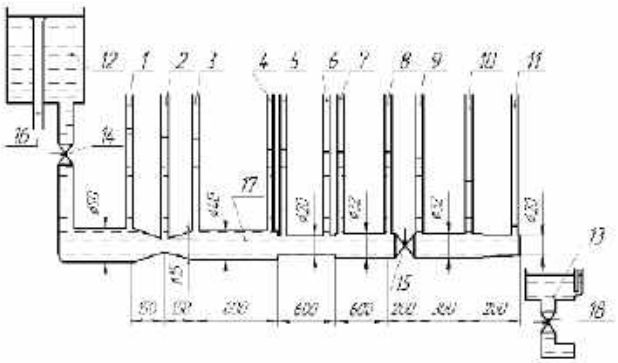


Рис. 7. Схема установки для исследования уравнения Бернулли:
1-11 – пьезометры, установленные в характерных сечениях; 12 – напорный резервуар; 13 – мерный бак; 14-15 – вентили; 16 – переливная труба;

17 – напорный трубопровод переменного сечения; 18 – сливной кран

Включить насос для подачи воды в напорный бак *12* (рис. 7), уровень в котором поддерживается за счет сброса излишней воды через переливную трубу *16*. Открыть вентили *14* и *15* и произвольно отрегулировать расход воды, протекающей по напорному трубопроводу *17*, учитывая верхние пределы пьезометров. После установления режима движения закрыть сливной кран *18* мерного бака *13* и зафиксировать секундомером время t (с) наполнения определенного объема V (см³). Одновременно с этим записать показания пьезометров, присоединенных к трубопроводу.

После окончания опыта выключить насос и перекрыть доступ воды в трубопровод вентилем *14*.

По результатам проведенного опыта в рабочей тетради строятся пьезометрическая и напорная линии. Для этого по оси абсцисс откладывается длина трубопровода с указанием мест установки пьезометров. По оси ординат откладывают величины статического напора, то есть $Z+\frac{P}{\rho \cdot g}$ (см), которые являются основанием для построения пьезометрической линии. Здесь же откладывают величины полного напора, представляющего собой сумму $H=Z+\frac{P}{\rho \cdot g}+\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ (см) для каждого сечения, которую можно построить после подсчета скоростного напора $\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ (см).

Построенные таким образом линии наглядно показывают распределение энергии в связи с изменением сечений потока. По результатам анализа этих графиков делаются выводы по лабораторной работе.

Таблица 4

Результаты измерения и обработка опытных данных

№ пьезометра	Отсчет по пьезометру $Z+\frac{P}{\rho \cdot g}$, см	V, см³	t, с	Q, см³/с $Q=\frac{V}{t}$	d, см	S, см²	ϑ, см/с $\vartheta=\frac{Q}{S}$	$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$, см	H, см
1									
2									

…									
11									

Контрольные вопросы

1. Запишите уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости. Физический смысл составляющих уравнение Д. Бернулли.
2. Что означают члены уравнения Д. Бернулли с геометрической точки зрения.
3. Чем можно замерить величину скоростного напора?
4. Что такое расход жидкости? Какие способы определения расхода жидкости вы знаете?
5. Как определить среднюю скорость движения жидкости?
6. Как называется сумма величин $Z+ P/\rho g$?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ТРУБЫ

Задачи работы: определить опытным путем коэффициенты сопротивления в водопроводной трубе (труба указывается преподавателем) при различных режимах движения и сравнить значения, полученные из опытов, с вычисленными по соответствующим формулам.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, секундомер, мерная линейка, штангенциркуль.

Потери напора по длине или потери на трение h_w при движении жидкости в напорном трубопроводе определяются по формуле Дарси:

$$h_w = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g}, \qquad (4.1)$$

где h_w – потери напора по длине, м;

λ – коэффициент сопротивления трения по длине;

l – длина трубы, м;

d – диаметр трубы, м;

ϑ – средняя скорость воды в трубе, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Коэффициент λ является безразмерной переменной величиной, зависящей от ряда характеристик – от диаметра и шерохова-

тости трубы, вязкости и скорости течения жидкости.

Влияние этих характеристик на величину λ зависит от режима движения жидкости. При одних значениях чисел Рейнольдса R_e, характеризующих режим движения, на величину λ влияет в большей степени скорость, при других – диаметр и шероховатость трубы – (высота выступов шероховатости Δ).

В связи с этим различают четыре области сопротивления, в каждой из которых изменение λ имеет свою закономерность.

а) Первая область называется областью ламинарного режима, которая имеет место при $R_e \leq 2300$. В этой области сопротивления коэффициент λ зависит от числа Рейнольдса R_e и не зависит от шероховатости Δ. При ламинарном режиме коэффициент λ определяется по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}. \qquad (4.2)$$

Остальные три области сопротивления имеют место при турбулентном режиме движения жидкости с различной степенью турбулентности.

б) Вторая область называется гидравлически гладкие трубы. Она ограничивается числами Рейнольдса $2300 < R_e \leq 10^5$. Эта область характерна для турбулентного потока при сохранении ламинарного движения у стенок трубы, если толщина ламинарного слоя δ значительно больше высоты выступов шероховатости Δ. В этом случае ламинарный слой полностью покрывает неровности стенок трубы и последние не оказывают тормозящего влияния на поток жидкости. Толщина ламинарного слоя при этом определяется по формуле:

$$\delta = \frac{30d}{R_e\sqrt{\lambda}}. \qquad (4.3)$$

Коэффициент λ в области гидравлически гладких труб определяется по формуле Блазиуса:

$$\lambda = 0{,}316 \cdot R_e^{-0{,}25}. \qquad (4.4)$$

в) Третья область называется переходной от области гидрав-

лически гладких труб к квадратичной области (гидравлически шероховатых труб). Эта область находится в пределах $10^5 < R_e \leq 3 \times 10^6$. В этом случае толщина ламинарного слоя равна или чуть меньше выступов шероховатости Δ, которые выступают как препятствия, увеличивая турбулентность и сопротивления. Для переходной области значение λ определяется по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0{,}1\left(\frac{1{,}46\Delta}{d} + \frac{100}{R_e}\right)^{0{,}25}. \qquad (4.5)$$

г) Четвертая область называется областью гидравлически шероховатых труб или квадратичной. Она начинается при $R_e > 3 \times 10^6$ В этой области коэффициент λ не зависит от скорости потока и определяется по формуле Шифринсона:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0{,}25}. \qquad (4.6)$$

Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный бак *1* (рис. 8) до перелива её через переливную трубу *7*. Далее открыть вентиль *4* для обеспечения очень небольшого расхода по трубопроводу *2*. Выждав, когда движение воды станет установившимся, засечь с помощью секундомера время наполнения мерного резервуара. Одновременно измеряются показания пьезометров h_1 и h_2; присоединённых к трубопроводу на расстоянии l один от другого.

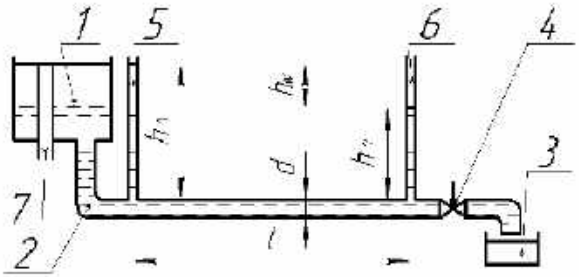


Рис. 8. Схема установки для определения коэффициента сопротивления по длине трубы:

1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный резервуар; 4 – регулировочный вентиль; 5, 6 – пьезометры; 7 – переливная труба

Разность показаний пьезометров покажет потери напора по длине $h_w=h_1-h_2$, а из формулы Дарси (4.1) можно будет определить опытное значение коэффициента сопротивления трения по длине:

$$\lambda_{on} = \frac{h_w \cdot 2g \cdot d}{\vartheta^2 \cdot l}. \qquad (4.7)$$

Таким образом, зная размеры трубопровода l и d можно определить коэффициент λ. Напомним, что скорость воды в трубе определяется через расход по известным формулам:

Полученное опытное значение λ_{on} нужно сравнить с расчётным по соответствующей формуле. Для этого следует выявить значение температуры воды T и соответствующий ей коэффициент кинематической вязкости υ (из лабораторной работы № 1), определить число Рейнольдса по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot d}{\upsilon}. \qquad (4.8)$$

По полученному числу Рейнольдса определить режим движения жидкости и область сопротивления, для которой и вычислить коэффициент $\lambda_{теор}$ по соответствующей формуле, приведённой в разделе «Общие сведения».

Опыт повторить несколько раз, меняя степень открытия вентиля 4, доведя его в последнем опыте до полностью открытого положения.

Учитывая, что непосредственное измерение выступов шероховатости в трубе затруднительно, то можно воспользоваться следующими значениями Δ, мм:

латунные цельнотянутые	– 0,01;
стальные цельнотянутые (новые)	– 0,05;
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,2-0,3;
чугунные (новые)	– 0,2-1,0;
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,8-1,5
асбестоцементные (новые)	– 0,1
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,6
стеклянные	– 0,0015-0,010

По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный бак

и закрыть вентиль 4 на трубопроводе.

Таблица 5

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели		Опыты			
		1	2	3	4
1. Материал трубы					
2. Диаметр трубы, d, см					
3. Площадь сечения трубы S, см^2					
4. Протекающий объем воды в бак V,см^3					
5. Время наполнения t, с					
6. Расход Q, см^3/с					
7. Средняя скорость ϑ, см/с					
8. Длина трубы l, см					
9. Показание пьезометра h_1, см					
10. Показание пьезометра h_2, см					
11. Потери напора по длине h_w, см					
12. Коэффициент $\lambda_{эк}$ по опытным данным					
13. Шероховатость трубы Δ, см					
14. Температура воды T, ^{0} С					
15. Кинематическая вязкость υ, см^2/с					
16. Число Рейнольдса R_e					
17. Режим движения					
18. Область сопротивления					
19. Коэффициент $\lambda_{теор}$ по формуле:	(4.2)				
	(4.4)				
	(4.5)				
	(4.6)				

Контрольные вопросы

1. Что необходимо определить по опытным данным для расчета $\lambda_{эк}$?
2. Как найти величину потерь напора опытным путем?
3. По какой формуле определяются потери напора по длине?
4. Назовите области сопротивления. Для чего они необходимы?
5. Что это за понятия: труба гидравлически «гладкая», «шероховатая»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Задачи работы. Определить опытным путем величины коэффициентов местных сопротивлений в коленах с плавным и резким поворотами и в диафрагме. Сравнить полученные значения со справочными данными

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный ба-

чок, секундомер, штангенциркуль.

В состав общих потерь напора h_w при движении жидкости кроме потерь напора по длине или потерь на трение h_{wl} входят также значительные потери напора $h_{wм}$ на местные сопротивления (повороты, сужения, расширения, вентили, клапаны, сетки и т.д.). Потери напора на местные сопротивления определяются резким изменением скорости потока по величине и по направлению и зависят от конфигурации элемента, в котором возникает местное сопротивление.

Величина местных потерь напора в большинстве случаев определяется с помощью безразмерных коэффициентов местных сопротивлений по формуле:

$$h_{м} = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} , \qquad (5.1)$$

где $h_{wм}$ – местные потери напора, м;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

ϑ – средняя скорость воды в трубе за местным сопротивлением, м/с.

Особенностью при определении местных потерь опытным путем является то, что пьезометр, стоящий за местным сопротивлением, должен устанавливаться на достаточном удалении от него. Это расстояние обычно принимается равным 6...8 диаметрам трубы.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный резервуар *1* (рис. 9) до перелива её через переливную трубу *8*. Открыть вентиль *7* на трубопроводе для пропуска большого количества воды. После установления постоянного расхода воды зафиксировать секундомером время t (с) наполнения мерного объема V ($см^3$). Это даст возможность определить расход воды в трубе.

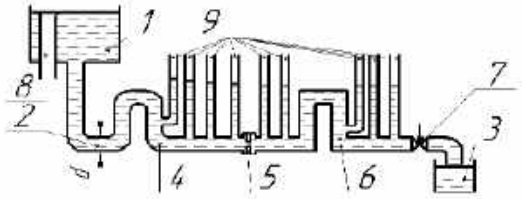


Рис.9. Схема установки
для определения коэффициентов местных сопротивлений:
1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный бачок;
4 – плавный поворот; 5 – диафрагма; 6 – резкий (прямоугольный) поворот;

7 – вентиль; 8 – переливная труба; 9 – пьезометры

Одновременно с этим измеряются отсчеты в пьезометрах *9*, установленных на трубопроводе *2*.

Рассмотрим пример определения местных потерь в диафрагме *5*, расположенной на участке трубопровода.

Общие потери напора h_w (рис. 10) равны разности показаний пьезометров h_1 и h_2, установленных по обе стороны диафрагмы на расстоянии l_1, т.е.

$$h_w = h_1 - h_2 . \qquad (5.2)$$

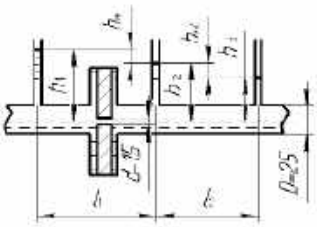


Рис. 10. Схема для определения местных потерь напора

Длина l_1 выбирается таким образом, чтобы исследуемое местное сопротивление не влияло на распределение скоростей в сечениях *1* и 2. Для выполнения этого условия необходимо чтобы $l_1/2 \geq (6...8)\, d$, где d – диаметр трубы, м. Следовательно, величина h_w в данном случае определяет суммарные потери напора – местные потери $h_{wм}$ и потери напора по длине h_{wl}.

Для определения только потерь напора по длине h_{wl} необходимо на ровном участке трубопровода иметь третий пьезометр, расположенный от второго на расстоянии $l_2 = l_1$. Тогда разность показаний 2-го и 3-его пьезометров позволит определить потери напора по длине, то есть

$$h_{w_l} = h_2 - h_3 . \qquad (5.3)$$

В этом случае местные потери напора в диафрагме составят

$$h_{w_м} = h_w - h_{wl} . \qquad (5.4)$$

Аналогично определяются местные потери напора в остальных местных сопротивлениях трубопровода.

Величина коэффициентов местных сопротивлений определяется по формуле:

$$\zeta = \frac{2g \cdot h_{м.с}}{\vartheta^2}. \qquad (5.5)$$

Полученные в результате выполненных опытов и расчетов коэффициенты местных сопротивлений следует сравнить со справочными данными, приведенными в приложении 5.

По окончании опыта перекрыть доступ воды в напорный резервуар 1 и закрыть вентиль 7 на трубопроводе.

Таблица 6

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Местное сопротивление		
	Плавный поворот	Резкий поворот	Диафрагма
1. Диаметр трубы d, см			
2. Площадь сечения S, см^2			
3. Показания первого пьезометра h_1, см			
4. Показания второго пьезометра h_2, см			
5. Общие потери напора $h_{м}$, см			
6. Показания третьего пьезометра h_3,см			
7. Потери напора по длине $h_{м/д}$, см			
8. Местные потери напора $h_{мес}$, см			
9. Протекший объём воды в бак V, см^3			
10. Время наполнения t, с			
11. Расход Q, см^3/с			
12. Средняя скорость потока ϑ, см/с			
13. Коэффициент местного сопротивления из опыта $\zeta_{оп}$			
14. Справочное значение коэффициента местного сопротивления $\zeta_{спр}$			

Контрольные вопросы

1. Что является причиной появления местных сопротивлений?
2. Приведите примеры местных сопротивлений?
3. Для чего нужно знать величины коэффициентов местных сопротивлений?
4. По какой формуле определяются местные потери напора?
5. Каким образом определяли величину местных потерь (например, при резком повороте)?
6. Каким образом были найдены справочные значения коэффициентов местных сопротивлений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ПО ВОДОМЕРУ ВЕНТУРИ

Задачи работы. Определить расход воды с помощью водомера Вентури. Построить график расхода воды, протекшей через водомер.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бачок, секундомер, штангенциркуль, мерная линейка.

Одним из примеров практического применения уравнения Бернулли является измерение расхода жидкости с помощью водомера Вентури. Действие водомера основано на законе сохранения энергии при движении жидкости, выражаемом уравнением Бернулли.

Труба Вентури, изображенная на схеме лабораторной установки, состоит из двух конических патрубков – сходящегося и расходящегося, имеющих общее узкое сечение 2-2. Составим уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 (рис.11):

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w, \qquad (6.1)$$

где Z_1 и Z_2 – геодезические высоты сечений 1-I и 2-2 (при горизонтальном расположении водомера $Z_1=Z_2$);

P_1 и ϑ_1 – давление жидкости и её скорость сечении 1-1;

P_2 и ϑ_2 – то же в сечении 2-2;

h_w – потери напора на участке 1-2.

Скорость ϑ_1 можно выразить через скорость ϑ_2 из уравнения неразрывности потока:

$$Q = \vartheta_1 \cdot S_1 = \vartheta_2 \cdot S_2, \qquad (6.2)$$

где S_1 и S_2 – площадь сечений 1-1 и 2-2, отсюда:

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 \cdot \frac{S_2}{S_1}. \qquad (6.3)$$

Потери напора на участке 1-2 можно определить по формуле:

$$h_w = \xi \left(\frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} \right), \qquad (6.4)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления в трубе Вентури.

Подставив в уравнение (6.1) значения ϑ_1 и h_w, вычисленные по зависимости (6.3) и (6.4), и определим из него ϑ_2.

Получим:

$$\vartheta_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\xi}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g\left(\frac{P_1}{\rho \cdot g} - \frac{P_2}{\rho \cdot g}\right)}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}, \qquad (6.5)$$

где $\frac{1}{\sqrt{1+\xi}} = \varphi$ – коэффициент скорости. (6.6)

Разность $\frac{P_1}{\rho \cdot g} - \frac{P_2}{\rho \cdot g}$ – обозначим через h, измеряемую на лабораторной установке с помощью пьезометров. Так как расход жидкости через водомер равен: $Q = \vartheta_2 \cdot S_2$, то

$$Q = \phi \cdot S_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}. \qquad (6.7)$$

Если обозначить

$$B = \frac{\phi \cdot S_2}{\sqrt{1-\frac{d^4}{D^4}}}, \qquad (6.8)$$

где B – постоянная расходомерной трубы, то

$$Q = B\sqrt{2 \cdot g \cdot h}. \qquad (6.9)$$

Постоянную «B» обычно определяют опытным путем, то есть тарировкой, пропуская через трубу Вентури различные расходы жидкости.

Формула (6.9) дает возможность (при известной постоянной трубы B) определять объемный расход Q по показаниям пьезометров.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный резервуар до начала перелива её через переливную трубу. Затем, открывая вентиль *8* (рис. 11) приблизительно на 1/3, 2/3 хода и полностью, то есть обеспечивая различные расходы воды, выполнить три опыта. Во время каждого из этих опытов зафиксировать секундомером время t (с) наполнения мерного объема V ($см^3$) и показания пьезометров *6* и *7*.

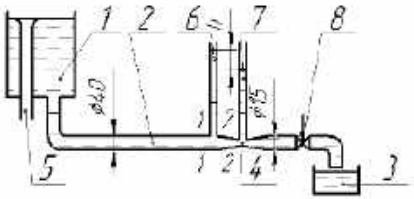


Рис. 11. Схема установки для определения расхода по водомеру Вентури:
1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный бак; 4 – водомер Вентури;
5 – переливная труба; 6 – первый пьезометр; 7 – второй пьезометр;
8 – регулировочный вентиль

Далее по формулам (6.9), (6.8) и (6.6) вычислить соответственно постоянную водомера B, коэффициент скорости φ и коэффициент местного сопротивления ξ. По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный резервуар *1* и закрыть вентиль *8* на трубопроводе *2*.

Таблица 7

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Опыты		
	1	2	3
1. Показание первого пьезометра h_1, см			
2. Показание второго пьезометра h_2, см			
3. Разность показаний h, см			
4. Протекший объем воды в бак V, $см^3$			
5. Время наполнения t, с			
6. Замеренный расход Q, $см^3/с$			
7. Постоянная водомера B			
8. Коэффициент скорости φ			
9. Коэффициент местного сопротивления ξ			

По результатам вычислений построить график зависимости изменения потерь напора в водомере от расхода, то есть $h=f(Q)$.

Контрольные вопросы

1. Поясните устройство водомера Вентури.
2. Как определяется расход жидкости при помощи водомера?
3. Где в системе водоснабжения может быть установлен водомер?
4. Какую роль выполняет труба Вентури, установленная на выхлопных трубах некоторых двигателей?
5. Как можно упростить определение расхода при помощи водомера Вентури?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ ПРИ ПОСТОЯННОМ НАПОРЕ

Задачи работы – определить опытным путем числовые значения коэффициентов расхода, скорости, сжатия и местного сопротивления при истечении воды через круглое отверстие и внешний цилиндрический насадок.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, набор сменных отверстий и насадок, штангенциркуль, секундомер.

Задачу истечения жидкости из отверстий считают отправной точкой научного развития механики жидкого тела. Еще в XVII столетии Торичелли опытным путем установил, что скорость вытекания жидкости через отверстие в тонкой стенке сосуда под напором H равна:

$$\vartheta = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ , \qquad (7.1)$$

где ϑ – скорость вытекания воды через отверстие, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2;

H – напор над центром отверстия, м.

Полностью удалось решить вопрос об истечении жидкости лишь выдающемуся физику и математику Д.Бернулли с помощью своего уравнения:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w \, , \qquad (7.2)$$

где Z – расстояние от плоскости сравнения до соответствующего сечения, м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ – пьезометрическая высота (напор), м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – скоростная высота (напор), м;

h_w – потери напора, м.

Применительно к схеме лабораторной установки:

$$Z_1=H, \tag{7.3}$$

$$P_1=P_2=P_{am}, \tag{7.4}$$

$$Z_2=0. \tag{7.5}$$

Полагая, что $H=const$, можно считать $\vartheta_1=0$, обозначив $\vartheta_2=\vartheta$ вместо уравнения (2) получим:

$$H=\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g} \ . \tag{7.6}$$

При истечении жидкости через отверстие имеют место только местные потери напора, т.е.

$$h_w=\xi \cdot \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}, \tag{7.7}$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления,

тогда

$$H=\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}+\xi \cdot \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g} \ , \tag{7.8}$$

отсюда

$$\vartheta=\sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}=\phi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ , \tag{7.9}$$

где $\sqrt{\frac{1}{1+\xi}}=\phi$ – коэффициент скорости.

Из уравнения (7.9) следует, что $\varphi = \dfrac{\vartheta}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}$, то есть $\phi = \dfrac{\vartheta_{эп}}{\vartheta_{теор}}$ – коэффициент скорости представляет собой отношение действительной скорости потока к теоретической.

При истечении жидкости из отверстия в тонкой стенке происходит сжатие струи, то есть сечение вытекающей струи оказывается меньше сечения отверстия и имеет форму эллипса.

Обозначая отношение площади сжатого сечения струи $S_{сж}$ к площади отверстия S через коэффициент сжатия ε, а именно:

$$\varepsilon = \frac{S_{сж}}{S}, \tag{7.10}$$

получим, что $\varepsilon \times S = S_{сж}$, а расход воды Q, через отверстие составит:

$$Q = \vartheta \cdot S_{сж} = \vartheta \cdot \phi \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ . \tag{7.11}$$

Если обозначить

$$\vartheta \cdot \phi = \mu, \tag{7.12}$$

где μ – коэффициент расхода, то получим окончательно:

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ . \tag{7.13}$$

Таким образом, коэффициент расхода через отверстие есть отношение опытного расхода к теоретическому, то есть

$$\mu = \frac{Q_{эп}}{Q_{теор}} \ .$$

В условиях проведения опыта скорость ϑ (без учета сопротивлений) можно определить по параметрам траектории свободно падающей струи (см. схему установки), когда

$$x = \vartheta \cdot t \ , \tag{7.14}$$

$$y = \frac{g \cdot t^2}{2} \ . \tag{7.15}$$

Исключив время t получим:

$$\vartheta = x\sqrt{\frac{g}{2y}} \tag{7.16}$$

но так как $\vartheta = \phi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$, то отсюда можно получить значение коэффициента скорости:

$$\phi = \frac{x}{2\sqrt{y \cdot H}}. \tag{7.17}$$

Численные значения коэффициентов сжатия, скорости, расхода и местного сопротивления неодинаковы для отверстий различных видов.

Поперечное сечение струи при истечении из некруглых отверстий – квадратного, треугольного и других – резко изменяется по сравнению с формой отверстия. Так, например, при истечении из квадратного отверстия сечение струи сначала деформируется в восьмиугольник, а затем принимает крестообразную форму. Такое влияние при истечении называется инверсией струи. Оно объясняется различными условиями сжатия струи по периметру отверстия (увеличение сопротивлений в углах) и различными по периметру силами поверхностного натяжения.

При истечении жидкости через цилиндрический насадок примерно в его середине имеет место сжатие транзитной струи. Вследствие сжатия потока внутри насадка возникает вакуум. Величина вакуума в сжатом сечении составляет $h_{вак}$=0,75×H.

Таким образом, полный действующий напор для насадка как бы увеличивается за счет вакуума и складывается из напора над центром входного отверстия насадка и величиной вакуума в сжатом сечении. Это способствует увеличению расхода через насадок, по сравнению с таким сечением отверстия.

Основные расчетные зависимости для насадков те же, что и для случая истечения жидкости из отверстия, то есть, расход и все коэффициенты (сжатия, скорости, расхода и местного сопротивления) определяются по приведенным выше уравнениям, но отличаются по величине.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить напорный бак водой до перелива её через переливную трубу *6* (рис. 12). Установить исследуемое круглое отверстие, измерив его диаметр. Открыть доступ воде к установленному отверстию.

Зафиксировать секундомером время t (с) протекания определенного объема V (см^3) в мерный бак, что позволит определить расход воды во время опыта.

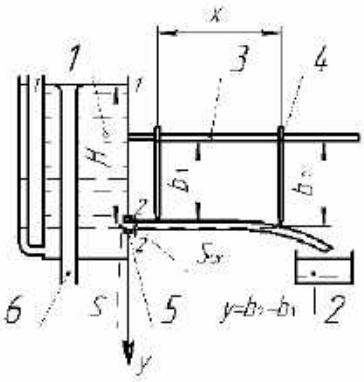


Рис.12. Схема установки для исследования истечения жидкости через отверстия и насадки:
1 – напорный бак с пьезометром; 2 – мерный бак; 3 – координатный стержень; 4 – мерная линейка; 5 – сменные отверстия или насадки; 6 – переливная труба

Одновременно замеряются параметры x и y траектории струи (см. схему установки), а также размеры струи в сжатом сечении 2-2, которое расположено на расстоянии $l \approx d$. Измеряются вертикальный d_1 и горизонтальный d_2 диаметры струи в сжатом сечении и вычисляется коэффициент сжатия струи как отношение площади эллипса к площади круга, т.е.

$$\varepsilon = \frac{S_{сж}}{S} = \frac{d_1 \cdot d_2}{d^2}. \qquad (7.18)$$

Коэффициент скорости при известных параметрах струи x и y подсчитывается по формуле (7.17).

Таблица 8

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Круглое отверстие	Внешний цилиндрический насадок
Протекший объем воды в бак V, см^3		
Время наполнения t, с		
Расход воды Q, см^3/с		
Напор над центром отверстия H, см		
Диаметр отверстия d, см		
Площадь отверстия S, см^2		
Размеры струи в сжатом сечении d_1 и d_2, см		
Коэффициент сжатия ε по формуле (7.18)		
Параметры траектории струи x и y, см		
Коэффициент скорости φ по формуле (7.17)		
Коэффициент расхода μ по формуле (7.12)		
Коэффициент расхода μ по формуле (7.13)		
Коэффициент местного сопротивления ξ по формуле (7.19)		

По полученным значениям ε и φ определяют коэффициент расхода μ по формуле (7.12) и далее коэффициент местного сопротивления по формуле:

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2} - 1 \ . \qquad (7.19)$$

Кроме того, коэффициент расхода μ при истечении из отверстия под напором H можно найти через расход Q по формуле (7.13).

Аналогично проделать опыт для истечения воды через внешний цилиндрический насадок.

Полученные опытные значения коэффициентов ε, φ, μ и ξ сравнить с аналогичными коэффициентами, приведенными в приложении 6.

По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный бак и к отверстию, слить воду из мерного бака.

Контрольные вопросы

1. Что собой представляет коэффициент сжатия струи и как он определяется?

2. Какие параметры падающей струи необходимы для определения коэффициента скорости?

3. Как определяется расход жидкости?

4. Каким образом был определен коэффициент расхода при истечении жидкости через отверстие?

5. Почему при одинаковых напорах и диаметрах расход жидкости через насадок больше?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЕЗБАШЕННАЯ УСТАНОВКА ВУ-5-30

Задачи работы: изучить конструкцию, регулировки, правил эксплуатации и приобрести навыки: пуска в работу действующей установки ВУ-5-30, определения и устранения неисправностей, выполнения операции технического обслуживания и оценки ее технического состояния.

Оборудование и инструмент: автоматическая водоподъемная установка ВУ-5-30, комплект слесарного инструмента, секундомер, плакаты.

Основным назначением автоматической водоподъемной установки ВУ-5-30 (В – водоподъемная, У – установка, 5 – подача, $м^3$/ч, 30 – напор при этой подаче, соответствующей максимальному к.п.д.) является механизация и автоматизация водоснабжения для нужд животноводства.

Кроме этого, установка может быть применена для водоснабжения полевых станов, жилых и общественных зданий, небольших производственных помещений и других отдельно расположенных объектов.

Обязательным условием нормальной работы установки является бесперебойное круглосуточное энергоснабжение.

В качестве источников водоснабжения при работе установки ВУ-5-30 могут использоваться шахтные колодцы с дебитом не менее 6 $м^3$/ч или открытые водоемы. Суточный расход воды объектов, обслуживаемых установкой, не должен превышать 75 $м^3$. Техническая характеристика установки приведена в таблице 9.

Таблица 9

Техническая характеристика установки

Показатель	Значение
Номинальная производительность, $м^3$/ч.	5
Полный напор, м вод. ст	30
Масса установки (без труб), кг	250
Номинальное число включений в час	10-15
Объем воздушно-водяного бака, л	500
Максимальное рабочее давление (избыточное) в баке, МПа	0,4
Минимальное рабочее давление (избыточное) в баке, МПа	0,1
Регулирующий объем воздушно-водяного бака, л	154-115

Установка ВУ-5-30 состоит из следующих основных узлов: вихревой лопастной насос марки ВК-1/16 в сборе с электродвигателем мощностью 2,8 кВт и всасывающей трубой с приемным клапаном, воздушно-водяной бак с регулирующей и управляющей аппаратурой. Электрическая станция управления. Водопроводная сеть.

Технологический процесс работы установки

Полностью смонтированная автоматическая водоподъемная установка ВУ-5-30 запускается нажатием кнопки «вкл.» автоматического включателя станции управления, а затем работает автоматически.

Технологический процесс автоматического водоснабжения установкой осуществляется следующим образом (рис. 12).

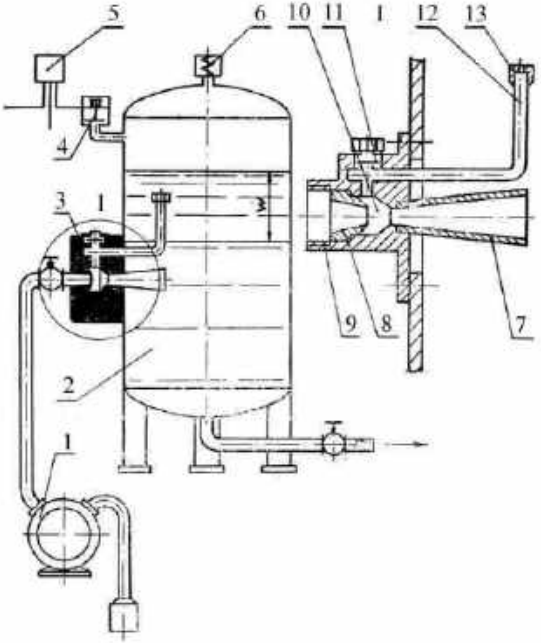


Рис. 12. Водоподъемная установка:
1 – насосный агрегат; 2 – воздушно-водяной бак; 3 – струйный регулятор запаса воздуха; 4 – реле давления; 5 – станция управления; 6 – предохранительный клапан; 7 – диффузор; 8 – сопло; 9 – корпус регулятора; 10 – камера смешения; 11 – воздушный клапан; 12 – трубка; 13 – жиклер

После нажатия кнопки «вкл» станции управления *5* насос *1* включается в работу, подавая воду в воздушно-водяной бак через струйный регулятор запаса воздуха *3*.

При расходе воды из бака *2*, меньшем производительности насоса *1*, или при отсутствии водоразбора вода будет заполнять бак *2*, сжимая воздух, находящийся в баке, до давления выключения P_2.

При достижении в баке давления выключения P_2 реле давления *4*, установленное на баке, размыкает цепь питания катушки магнитного пускателя станции управления, и он отключает электродвигатель от цепи.

При выключенном насосе вода к точкам водоразбора подается из бака под давлением сжатого воздуха. По мере расходования воды из бака давление в нем будет падать, и при достижении давления включения P_1 контакты реле давления вновь замкнутся и включат в цепь питания катушку пускателя, а пускатель включит в сеть электродвигатель насоса.

Цикл работы установки повторяется. При изменении давления в баке от P_1 до P_2 в работе участвует постоянный для данного перепада давлений регулирующий объем воды в баке, обозначаемый *V*.

При работе установки объем воздушной подушки в баке, расположенный над регулирующим объемом, за счет растворения части воздуха в воде, утечек воздуха через неплотности соединений постепенно уменьшается. Это приводит к уменьшению регулирующего объема и, следовательно, к более частым включениям насосного агрегата и ускоряет износ, как насоса, так и электродвигателя.

Для того чтобы автоматически поддерживать объем воздушной подушки постоянным и тем самым предотвратить ускоренный износ насосного агрегата, установка имеет струйный регулятор запаса воздуха.

Регулятор состоит из корпуса *9*, сопла *8* и диффузора *7*. На корпусе регулятора ставятся обратный дисковый воздушный клапан *11*, связанный сверлением с камерой смешения *10* регулятора, и трубка *12* с жиклером *13* на конце, которая через отверстие в корпусе регулятора сообщает внутреннюю полость бака с камерой смешения.

Автоматическая подкачка воздуха в бак струйным регулятором производится следующим образом (рис. 12).

Вода из насоса, проходя сопло *8* струйного регулятора с большой скоростью, создает разряжение в полости *10* вокруг

конца сопла (камера смещения), воздух под атмосферным давлением открывает воздушный клапан *11* и, смешиваясь с потоком воды, поступает в бак.

Подкачка воздуха будет происходить при условии, что жиклер *13* трубки струйного регулятора будет перекрыт водой. В момент пуска установки или при достаточном наполнении бака воздухом жиклер будет находиться на воздухе. В этом случае воздух под давлением из бака будет поступать по трубке в камеру смещения, погашая тем разряжение.

Воздушный клапан закроется, и подсос воздуха из атмосферы прекратится. При уменьшении воздушной подушки в баке жиклер вновь закроется водой и возобновится подкачка воздуха из атмосферы через воздушный клапан.

Струйный регулятор запаса воздуха обеспечивает разрежение в камере смешения и, следовательно, автоматическую подкачку воздуха в бак, до давления в баке 0,23-0,25 МПа.

Из описания технологического процесса работы установки видно, что применение для создания напора в качестве напорно-регулирующего герметично закрытого воздушно-водяного бака вместо открытого, располагаемого на определенной высоте, позволяет обойтись без водонапорной башни, что значительно экономичнее и гигиеничнее.

Установка ВУ-5-30 комплектуется вихревым насосом марки ВК-2/26.

Вихревые насосы представляют собой разновидность центробежных насосов, рабочие колеса которых имеют прямые радиальные лопасти. Вихревые насосы, благодаря простоте конструкции, малому весу и небольшому габариту, получили в последнее время широкое распространение. Они предназначены для перекачки маловязких жидкостей, не содержащих абразивных примесей.

Общий вид одноступенчатого насоса марки ВК (вихревой) с насаженным на консоли вала вихревым колесом показан на рис. 13.

Промышленность выпускает насосы подобного типа нескольких размеров. Буквы и цифры, составляющие марку насоса, обозначают: В – вихревой; К – консольный; числитель дроби – подача, л/с, знаменатель – напор, м. Кроме того, существуют еще насосы ВКО - вихревой обогревный (охлаждаемый) и ВКС – вихревой самовсасывающий. Обогревные насосы ВКО применяются для перекачки легко застывающих жидкостей, например, фенола.

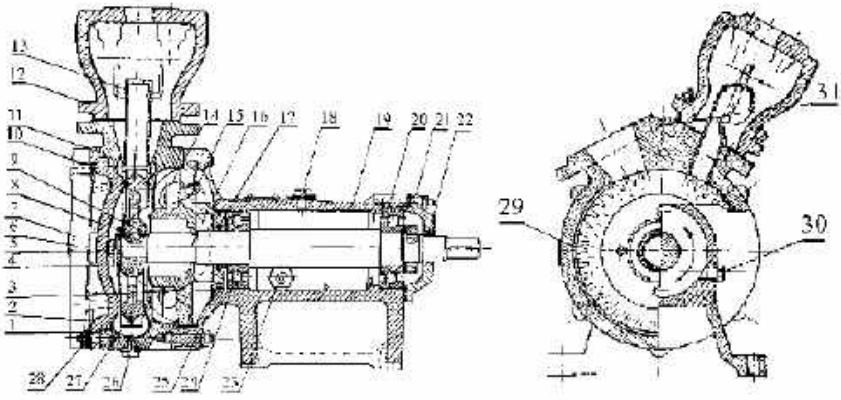


Рис. 13. Вихревой самовсасывающий одноступенчатый насос:
1 – корпус; 2, 3 – наружная и внутренняя крышки; 4 – рабочее колесо;
5 – спец. болт; 6, 10, 15 – отверстия для присоединения паропроводов;
7 – обогревная крышка; 8 – шпонка; 9 – регулировочные шайбы; 11 – уплотнение;
12 – колпак; 13 – воздухоотвод; 14 – измененная внутренняя крышка; 16 – вал;
17, 22 – войлочное кольцо; 18, 23 – отверстия для заливки, слива и контроля
уровня масла; 19 – чугунная опорная ванна; 20, 24 – шарикоподшипники;
21 – крышка; 25 – резиновые кольца; 26 – пробка; 27 – каналы; 28 – шпилька
с гайкой; 29 – вихревой канал; 30 – масляная пробка; 31 – перемычка

Насосы ВК, ВКС, ВКО состоят из гидравлической и приводной частей. Гидравлическая часть имеет следующее устройство. Внутри чугунного корпуса проходят каналы *27* и *29*, расположенные по направлению вращения колеса *4* от входного до напорного патрубков. Перемычка *31* отделяет всасывающую часть от напорной. Наружная крышка *2* крепится к корпусу *1* шпильками и гайками *28*. Внутренняя крышка *3* служит задней стенкой корпуса насоса и корпусом сальника.

Колесо *4* представляет собой стальной диск с фрезерованными по окружности пазами, образующими лопасти колеса, колесо закреплено на валу шпонкой *8* и специальным болтом с шайбой; *11* – уплотнение. Торцовый зазор между крышкой *3* и колесом *4* регулируется регулировочными шайбами *9*, а между колесом и наружной крышкой *2* – прокладками. Для нормальной работы вихревого колеса необходимо, чтобы торцовые, зазоры были в пределах 0,05 - 0,15 мм. Особое значение имеет уплотнение сальника, отделяющего жидкость от масляной ванны. При нарушении этого уплотнения жидкость попадает в масляную ванну, что вызывает

интенсивный износ подшипников. У модернизированных вихревых насосов вода, прошедшая через сальник, не может попасть в масляную ванну, а стекает через отверстие в корпусе насоса. Приводная часть состоит из чугунной опорной ванны *19*. Опорами вала *16* служат радиальные шарикоподшипники *24* и *20*. Крышка *21* закрепляет наружное кольцо шарикоподшипника и удерживает войлочное кольцо *22*. Во внутренней крышке имеется второе войлочное кольцо *17* и уплотняющие резиновые кольца *25*, устраняющие возможные утечки масла через радиальный зазор в этом соединении. Три отверстия, закрытые пробками *18*, *23*, *30*, предназначены для заливки, слива и контроля уровня масла. Отверстие, закрытое пробкой *26*, служит для опорожнения корпуса насоса.

Насосы ВКО отличаются от насосов ВК наличием обогревной крышки *7*, закрепленной на наружной крышке *2* корпуса, и измененной внутренней крышке *14*, в которой устроен обогревный канал. Крышка *7* имеет отверстия *6*, *10*, *15* для присоединения паропроводов. Давление подводимого пара 0,5 МПа.

Насосы ВКС отличаются от насосов ВК тем, что имеют дополнительный узел, состоящий из чугунного колпака *12* и стального воздуховода *13*, которые и обеспечивают самовсасывающую способность насоса. Насосы ВКС могут поднимать воду на высоту $H_{вс}$ = 3 - 4 м.

Вихревые насосы обычно применяют, когда надо подавать сравнительно небольшие количества воды на большую высоту.

У насосов необходимо периодически проводить подтяжку сальника. Сальник считается подтянутым нормально, если через него просачивается вода отдельными каплями в количестве 40-50 штук в минуту.

Технические характеристики ряда вихревых насосов типа ВК приведены в таблице 10 и рис 14.

Таблица 10

Технические характеристики вихревых насосов типа ВК

Марка насоса	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность электродвигателя, кВт	К.П.Д. насоса, %	Допускаемая высота всасывания, м
ВК 1/16	1,1-3,7	40-41	1,5	25	6,0
ВК 2/26	2,4-8,0	60-20	2,2	30	5,0
ВК 4/24	5,7-15,3	70-20	2,2	37	4,0
ВК 5/24	8,5-18,5	70-20	5,5	35	3,5
ВК 10/45	18,0-40,0	85-30	17,0	32	3,0

Примечание. Частота вращения насосов 1450 об/мин

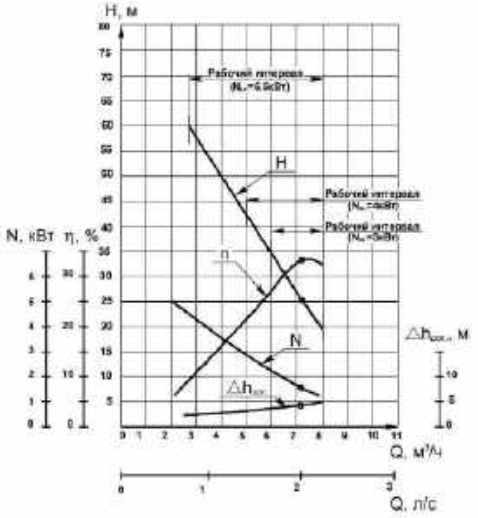


Рис. 14. Характеристика насосов ВК 2/26, ВКО 2/26, ВКС 2/26

Перед запуском установки нужно проверить правильность установки всех узлов и деталей, надежность их крепления, залить воду во всасывающую трубу и насос; проверить направление вращения вала насоса и герметичность всех соединений. Для этого закрыть вентиль на разводящей сети, и, включив установку, повысить давление в баке до 0,4 МПа. Поддерживая давление в баке постоянным, проверить плотность всех резьбовых соединений. Устранить течь. Необходимо помнить, что герметичность всех резьбовых соединений является одним из основных условий нормальной работы установки.

Пуск установки производится нажатием кнопки «вкл» станции управления, после чего насос подает воду в бак, а из бака вода поступает в систему водоразбора или при небольшом водоразборе давление в баке будет расти и при достижении давления выключения реле давления выключит установку.

При неработающем насосе вода в систему будет поступать из бака и после израсходования регулирующего объема реле давления включит насос установки. При расходе воды, равном половине производительности, установка будет включаться 10 - 15 раз в час.

Исходя из местных условий, необходимо отрегулировать реле давления.

Во время эксплуатации насоса следует помнить, что все вращающиеся части должны иметь ограждения. При проведении ремонтных работ электродвигатель должен быть полностью отключен от источников электрического тока.

Категорически запрещается запускать насос без предварительного его заполнения перекачиваемой жидкостью, а также подтягивать сальниковое уплотнение или устранять какие-либо неполадки при работающем насосе.

Техническое обслуживание (ежесменное и годовое)

Конструкция автоматической водоподъемной установки обеспечивает длительную и бесперебойную работу без участия человека, Установка требует только месячного и годового технического обслуживания.

При ежесменном техническом обслуживании выполняются следующие операции. Внешним осмотром проверяют герметичность всех резьбовых и фланцевых соединений. При необходимости подтягивают крепления. Убеждаются в отсутствии утечек, в частности утечки воды через приемный клапан. Для этого необходимо давление в баке повысить до давления выключения, закрыть вентиль водоразбора и проследить за показаниями манометра. При наличии утечек давление будет постепенно падать. В этом случае необходимо выявить причину и устранить неисправность. Проверяют всасывающую способность струйного регулятора. Для этого надо снизить давление в баке до 200 кПа, включить установку и приложить палец к воздушному клапану. Всасывание воздуха должно проходить в интервале давлений от 180 до 230-250 кПа. При отсутствии всасывания необходимо выпустить воду из бака, отвернуть воздушный клапан, проверить исправность щелевого клапана и посмотреть, не засорилось ли отверстие в корпусе клапана. Всасывание воздуха может отсутствовать и при засорении жиклера трубки струйного регулятора запаса воздуха. Для этого необходимо разобрать струйный регулятор, прочистить жиклер и продуть трубку.

Убеждаются в правильности настройки реле давления по шкалам и состоянию контактной группы. При необходимости регулируют реле давления по манометру, а подгоревшие контакты зачищают. Неисправности реле, способы их устранения и правила настройки изложены в руководстве по монтажу и эксплуатации реле давления.

Проверяют работу сальника насоса. Правильно работающий сальник должен давать незначительный пропуск воды в виде отдельных капель (40-50 в минуту). Проверяют температуру подшипников, которая не должна превышать 50 °С, уровень масла в опорной ванне насоса. Во время работы насоса не должно наблюдаться вибрации и сотрясений. Наличие этих явлений указывает на плохую центровку насоса с электродвигателем. У электродвигателя проверяют режим работы, нагрев, состояние выводных концов. Очищают электродвигатель от загрязнений.

Устанавливают надежность заземления всех узлов установки, при необходимости зачищают контакты.

При проведении годового технического обслуживания необходимо провести ежесменное техническое обслуживание и дополнительно выполнить следующие операции.

При наружном осмотре воздушно-водяного бака должно быть обращено внимание на следующие возможные дефекты: трещины, надрывы, коррозию стенок.

Гидравлические испытания воздушно-водяного бака проводят через каждые 8 лет пробным давлением 600 кПа. Под этим давлением бак выдерживается в течение 5 минут, затем давление снижают до рабочего, осматривают сосуд и обстукивают сварные швы молотком массой 0,5 кг. Поднимать давление до пробного и снижать его до рабочего следует постепенно. Сосуд признается выдержавшим испытания, если: не обнаружено признаков разрыва; не замечается течи и остаточных деформаций после испытания. Результаты осмотров и гидравлических испытаний следует заносить в паспорт бака.

Проверяют работоспособность предохранительного клапана. Он должен сработать при давлении 420-460 кПа. Если при повышении давления более 460 кПа клапан не срабатывает, необходимо выключить установку, выпустить воду из бака, разобрать клапан, устранить обнаруженные дефекты (заедание плунжера или пружины, появление ржавчины и пр.). После установки клапана включить установку, как описано выше, и завинчиванием или отвинчиванием пробки отрегулировать клапан на давление срабатывания 420-460 кПа.

Вынимают приемный клапан, чистят от ржавчины и осадков, проверяют состояние резиновой прокладки и при необходимости ее заменяют, а также чистят фильтр.

При годовом техническом обслуживании проводят профилактический ремонт электродвигателя: разбирают электродвигатель и заменяют смазку подшипников. Перед набивкой свежей смазки подшипники должны быть тщательно промыты бензином. Камеру заполняют смазкой на $^2/_3$ ее объема. Уровень масла в опорной ванне должен быть ниже заливного отверстия на 15-20 мм.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Перед испытанием установки открыть кран на подводящей линии и закрыть кран на сбросной линии. Включить насос нажатием кнопки «вкл» станции управления. Одновременно включить секундомер. Записать время наполнения бака по секундомеру и давление автоматического выключения P_2 насоса по манометру. Включить секундомер и открыть кран на сбросной линии. Записать давление P_1 автоматического включения насоса по манометру. Одновременно записать время t сработки регулирующей емкости бака.

Полученные данные записать в таблицу 11.

Таблица 11

Запись и обработка опытных данных

Показатели	Опыты	
	1	2
Давление включения $P_{вкл}$, кг/см^2 (кПа)		
Давление выключения $P_{выкл}$, кг/см^2 (кПа)		
Рабочий объем резервуара V, л (м^3)		
Время сработки t_1, с		
Время наполнения бака t_2, с		
Средний расход потребления $Q_{сп} = V/t_1$, л/с		
Средняя подача насоса $Q_{сп} = V/t_2$, л/с		

Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит водоподъемная установка?
2. Расшифруйте марку установки и насоса.
3. Из каких основных элементов состоит струйный регулятор запаса воздуха?
4. Как осуществляется пополнение бака воздухом?
5. Охарактеризуйте достоинства и недостатки без башенной водокачки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
ВОДОСТРУЙНАЯ УСТАНОВКА ВН-2Ц-6

Задачи работы: изучение устройства и принципа действия водоструйной установки и исследование эффекта увеличения высоты всасывания в случае последовательной работы струйного аппарата и центробежного насоса, определение и устранение неисправностей.

Оборудование и инструмент: водоструйная установка ВН-2Ц-6, арматура, комплект слесарного инструмента, модель водоструйного насоса, плакаты.

Водоструйные установки состоят из центробежного насоса *2* (рис. 15), смонтированного на общей плите с электродвигателем *1* и струйного аппарата *11*, и предназначены для подачи воды из шахтных и трубчатых колодцев.

Преимуществом водоструйных установок по сравнению с другими машинами аналогичного назначения является высокая эксплуатационная надежность, обуславливаемая тем, что в подводной части установки отсутствуют подвижные детали и трущиеся сопряжения, вызывающие механический износ.

Нам известно, что центробежный насос может подавать воду лишь при условии, если высота всасывания не превышает некоторой определенной величины, ограниченной значением $H_{доп}^{кав}$. Работа центробежного насоса со струйным аппаратом позволяет центробежному насосу осуществлять подъем воды с глубины, значительно превышающей $H_{доп}^{кав}$, за счет создания струйным аппаратом перед входом в центробежный насос давления, обеспечивающего нормальную работу последнего.

В основу работы струйного аппарата положен принцип непосредственной передачи энергии потока, обладающего большим запасом энергии, другому, обладающему меньшим запасом энергии, путем непосредственного вовлечения в движение частиц перекачиваемой воды частицами рабочей воды, движущейся с большей скоростью.

Промышленность выпускает водоструйные установки нескольких типов. Общее обозначение их ВН-*а*-*б* – для трубчатых колодцев, где В – водоструйный, Н – насос, *а* – число потоков жидкости, выходящей из насоса; *б* – диаметр обсадной трубы в миллиметрах, уменьшенный в 25 раз.

Если вместе с *а* имеется буква Ц, то это означает, что струйный аппарат монтируется с центральным расположением труб.

Отсутствие этой буквы Ц указывает на то, что струйный аппарат монтируется с параллельным расположением труб.

Водоструйные установки, выпускаемые для подъема воды из шахтных колодцев, имеют обозначение ВН-*а*-*ш*, где *ш* – шахтный.

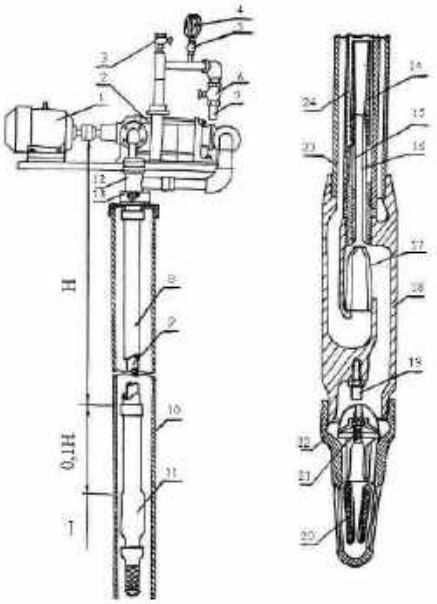


Рис. 15. Водоструйная установка ВН-2Ц-6:
1 – электродвигатель; 2 – центробежный насос; 3 – продувочный вентиль; 4 – манометр; 5 – кран манометра; 6 – регулировочный кран; 7 – нагнетательная труба; 8 – напорная труба; 9 – водоподъемная труба; 10 – трубчатый колодец; 11 – струйный аппарат; 12 – хомут монтажный; 13 – выпускная головка; 14 – диффузор; 15 – сменная гильза камеры смешения; 16 – камера смешения; 17 – сопло; 18 – корпус; 19 – ограничитель хода клапана; 20 – фильтровая сетка; 21 – клапан; 22 – клапанная коробка

Техническая характеристика водоструйных установок дана в табл. 12.

Водоструйный аппарат (рис. 15) состоит из корпуса *18* с каналом и приемной камерой. Снизу на корпус навернут приемник с сетчатым фильтром *20*. В приемнике помещается клапан *21* с резиновой уплотнительной прокладкой. Ход клапана ограничивается упором *19*.

Таблица 12

Техническая характеристика водоструйных установок

Марка установки	Марка центробежного насоса	Мощность двигателя, кВт	Глубина подъёма воды, м	Производительность, м³/ч	Свободный напор над осью насоса, мм	К.П.Д.,%	Минимальный диаметр трубчатого колодца, мм
ВН-2-8	2К-6	4,5	8-28	16,0-3,6	20	40-18	200
	3К-9	7,0	17-41	14,0-3,8	25	30-18	200
	ЦДС-2	7,0	15-30	14,4-8,6	50	44-35	150
ВН-2Ц-6	ЦДС-3	10,0	30-50	10,8-7,2	50	35-28	150
	ЦДС-4	14,0	50-75	10,4-6,8	50	27-30	150
	ЦНМ-0,6	0,6	10-20	2,0-1,0	10	25-18	125
ВН-2-Ш	ЦНС-1,7	1,7	10-35	5,4-1,8	25-35	38-25	150
ВН-1-6	3К-9	7,0	10-30	26,0-8,0	25	40-25	150
ВН-1-4	2КМ-6	4,5	10-25	12,0-4,0	20-25	38-25	100
ВН-1-3	ЦНМ-0,6	0,6	10-20	2,0-1,0	10	25-18	80

Сопло с диаметром 9,4 мм ввернуто в выходной конец U-образного канала, камера смещения *16* со сменной насадкой *15*, имеющей диаметр 15 мм, и диффузор *14* составляют проточную часть водоструйного аппарата.

Диаметр установленной сменной насадки зависит от рабочего уровня воды в скважине и поэтому согласовывается с заказчиком. В верхней части корпуса аппарата присоединяется напорный трубопровод *23*, внутри которого помещается водоподъемный трубопровод *24*.

Работает водоструйная установка следующим образом.

Вода из центробежного насоса под напором всех ступеней подается в напорный трубопровод. По напорному трубопроводу вода подводится к водоструйному аппарату. В аппарате вода через U-образный канал и сопло с большой скоростью входит в смесительную камеру, захватывая воду из приемной камеры аппарата, создавая в ней разряжение.

Понижение давления в приемной камере вызывает непрерывное поступление в нее воды из скважин через клапан *21*.

В камере смещения рабочий поток и вода, подсасываемая из приемной камеры, смешиваются, выравниваются скорости и поступают далее в диффузор, где скорость потока снижается и преобразуется в статический напор, под которым вода по водоподъемному

трубопроводу подается к всасывающему патрубку центробежного насоса.

Водоструйные установки комплектуются насосом ЦДС-4 – четырехсекционным, центробежного типа, с промежуточным отбором полезного расхода. Насос состоит из входного патрубка *10* (рис. 16), промежуточных секций *6*, напорных патрубков *4* (к потребителю) и *8* (к струйному аппарату). В каждой секции размещается рабочее колесо *9* и направляющий аппарат *5*.

Вал насоса *11* опирается, с одной стороны, на три радиально-упорных шарикоподшипника, а с другой – подшипники скольжения *7*.

В корпусе всасывающей камеры вал уплотняется сальником *2* с гидравлическим затвором *3*, препятствующим подсосу воздуха в насос.

Во второй спиральной секции насоса за счет прилива, имеющегося на корпусе, водяной поток раздваивается: одна его часть к потребителю, а другая, пройдя все четыре секции, снова входит в напорный трубопровод для питания водоструйного аппарата. Количество воды, поступающей из насоса к потребителю и в водоструйный аппарат, регулируется краном *6* (рис. 15).

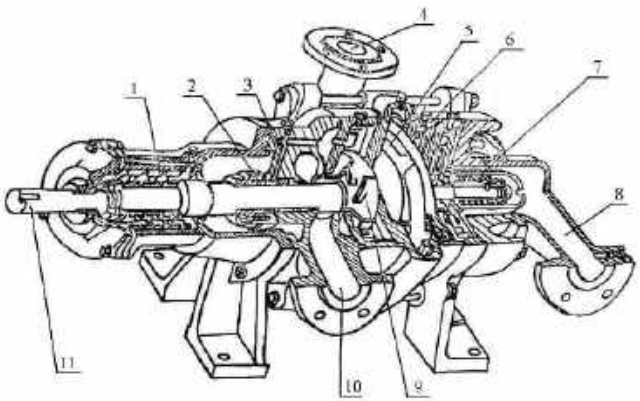


Рис. 16. Насос ЦДС-4:
1 – шариковые подшипники; 2 – сальник; 3 – гидравлический затвор; 4, 8 – напорные патрубки; 5 – направляющий аппарат; 6 – промежуточная секция; 7 – подшипник скольжения; 9 – рабочее колесо; 10 – всасывающий патрубок; 11 – вал

Работа с агрессивными водами приводит к быстрому выходу из строя насоса и водоструйного аппарата.

Монтаж, пуск и регулировка установки на рабочий режим

Монтаж водоструйной установки проводится с помощью, монтажных хомутов *12*, монтажной муфты с планкой треноги, установленной над центром скважины и тали грузоподъемностью не менее 2-х тонн.

Перед монтажом водоструйный аппарат ставят вертикально и заливают водой, чтобы проверить плотность прилегания приемного клапана. Если клапан пропускает воду, то аппарат опускать в скважину разрешается только после устранения причины, вызвавшей утечку.

Водоструйный аппарат в скважине подвешивается на напорной трубе, внутри которой помещается водоподъемная труба *9* (рис. 15). Звенья напорной и водоподъемной труб должны быть подогнаны по длине так, чтобы после опускания водоструйного аппарата на заданную глубину конец водоподъемной трубы повышался над выпускной головкой *13* на 100-150 мм.

Опускание струйного аппарата осуществляется одновременным наращиванием звеньев напорной и водоподъемной труб с помощью муфт. Стыки резьбовых соединений тщательно уплотняются льняной прядью, пропитанной суриком. На верхний конец напорной трубы навертывается спускная головка с сальником, уплотняющим выход водоподъемной трубы из головки.

Водоструйный аппарат должен быть погружен ниже рабочего уровня воды в скважине не менее чем на 0,1 расстояния от рабочего уровня до оси центробежного насоса.

Центробежный насос, смонтированный на общей раме с электродвигателем, устанавливается на фундаменте, расположенном рядом со скважиной. По выходе из скважины напорная труба посредством отвода выпускной головки присоединяется к напорному патрубку, а водоподъемная – к всасывающему патрубку центробежного насоса.

На нагнетательной трубе *7* устанавливаются манометр *4* и регулировочный кран *6*, служащий для пуска установки в работу, регулирования расхода воды и для отключения установки от наружной водопроводной сети.

На нагнетательной трубе устанавливается также продувочный вентиль *3*, служащий для периодического удаления воздуха из установки.

Перед первичным пуском в работу водоструйной установки необходимо: проверить наличие смазки в шарикоподшипниках

центробежного насоса. Проворачивая вал рукой, проверить отсутствие заедания в насосе. Необходимо также проверить достаточную заливку установки водой, которая должна производиться до полного удаления пузырьков воздуха из продувочного крана. После этого при закрытых кранах *3*, *5* и *6* кратковременным включением электродвигателя проверяется направление его вращения, которое должно быть по часовой стрелке со стороны приводной муфты.

Первичный пуск установки в работу производится при закрытых кранах *3*, *5* и *6*.

Кран манометра *5* открывают после запуска двигателя, который при этом будет показывать максимальное давление. Затем проверяется правильность набивки сальника, который должен при работе насоса медленно (30 - 50 капель в минуту) пропускать воду. Сильно затянутый сальник приводит к перегрузке и заеданию вала насоса. При большой утечке воды через сальник его надо подтянуть или набить новый. Убедившись в правильной регулировке сальника, медленно открывают кран *6*, направляя часть воды к потребителю. При этом давление будет падать. Наблюдая за показаниями манометра, кран *6* медленно открывают до тех пор, пока не произойдет срыв работы водоструйной установки, т. е. она не будет подавать воду, что фиксируется резким падением давления. Давление в момент срыва фиксируется, и при повторном запуске (в прежнем порядке) кран *6* открывают до тех пор, пока давление не установится на 40 - 60 кПа выше срывного режима. В таком положении установка будет отрегулирована на устойчивый режим работы при максимальной подаче.

В дальнейшем при запусках установки в работу никаких регулировок уже не требуется. Необходимо следить только за тем, чтобы не нарушалась регулировка крана *6*.

Уход за водоструйной установкой при ее эксплуатации

При наличии систематического несложного ухода за водоструйной установкой обеспечивается надежная и бесперебойная ее эксплуатация.

Для этого ежедневно во время работы установки необходимо следить за показаниями манометра, которые должны соответствовать первоначальной регулировке на рабочий режим. При отклонениях регулировку следует восстановить с помощью регулировочного крана.

Точно так же необходимо контролировать температуру нагрева подшипникового узла, которая не должна превышать 60°С, а также состояние основного сальника, который должен быть холодным. Температура в помещении установки насоса должна быть не ниже +3°С.

Контрольные вопросы

1. Расшифруйте марку установки. Назовите основные элементы.
2. Чем объясняется большая высота всасывания установки?
3. Из каких основных частей состоит секционный насос ЦДС-4?
4. Как осуществляется подготовка установки к пуску?
5. Объясните, почему необходимо устанавливать давление срыва.
6. Назовите положительные и отрицательные качества установки, пути повышения эффективности работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ПОГРУЖНЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Задачи работы: изучить конструкцию, требования к подготовке скважины и насоса для работы, освоение правил пуска и эксплуатации насоса и применение их на действующей установке.

Оборудование и инструмент: действующий насос ЭПЛ-6-18-75 с системой автоматического управления, насос в разрезе, сменные рабочие колеса, комплект слесарных инструментов, плакаты.

Погружные насосы могут иметь различный принцип действия, за счет которых осуществляется всасывание:

Центробежный – функционирует за счет центробежной силы. Отличаются простой конструкцией. Они надежны и экономичны в эксплуатации, и обеспечивают бесперебойный поток воды. По устойчивости к мелким загрязнениям они уступают шнековым, но превосходят вихревые модели.

Вихревой – имеет округлый корпус и рабочее колесо, оборудованное лопастями. Такие устройства могут легко получить повреждение даже от небольших частиц, попавших в систему, но они имеют более мощный напор, чем центробежные. Также они имеют меньший в 3 раза КПД, в сравнении с центробежными.

Шнековый (винтовой) – отличительной особенностью этого типа насосов является высокая надежность, так как они отлично справляются с водой, имеющей высокую концентрацию песка.

Также такие устройства выдают минимальный шум и вибрацию при работе. Однако, они выдают меньшую производительность, чем остальные виды.

К центробежным погружным насосам относятся:

- погружные скважинные насосы типа ЭПЛ;
- погружные насосы типа ЭЦВ.

Погружные насосы типа ЭПЛ (рис. 17, а) выпускаются нескольких модификаций и предназначены для откачки воды из скважин диаметром 150 мм и более.

Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭПЛ

ЭПЛ	Э – электрический, П – погружной, Л – «Ленинград» – марка завода;
-XX	Внутренний диаметр обсадной трубы уменьшенный в 25 раз, мм
-XXX	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-XXX	Номинальный напор в метрах водяного столба

Погружные скважинные насосы типа ЭЦВ (рис. 17, б) состоят из асинхронного погружного электродвигателя и одно/многоступенчатого центробежного насоса, соединенных между собой жесткой муфтой.

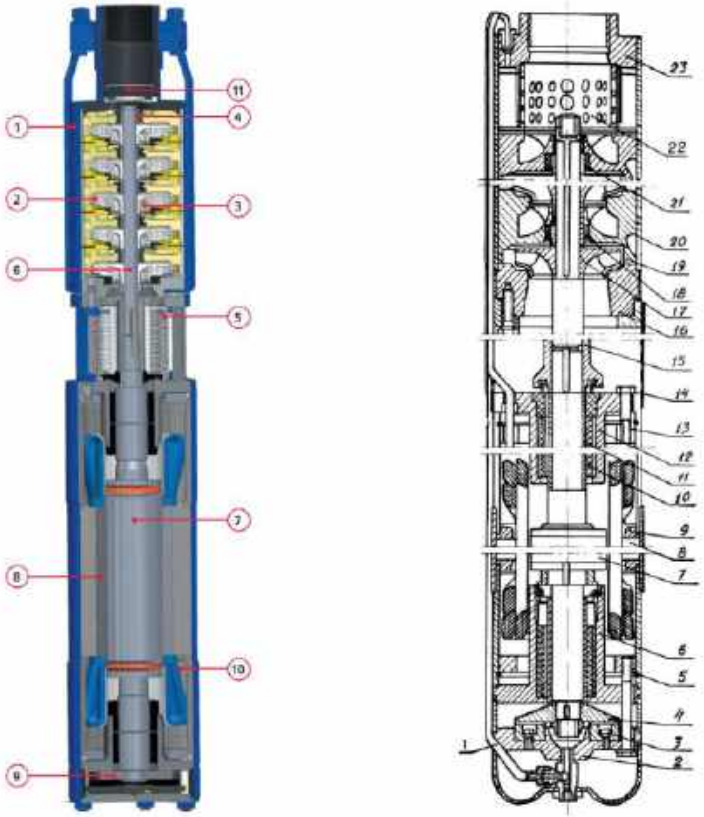
Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭЦВ

X	Порядковый номер модернизации
ЭЦВ	Тип насоса – с элекродвигателем, центробежный, для подачи воды;
-XX	Внутренний диаметр обсадной трубы в дюймах
-XXX	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-XXX	Номинальный напор в метрах водяного столба
-XXX	Обозначение материала

Жидкость подаётся через расположенный между насосом и электродвигателем подвод, защищённый от попадания крупных механических частиц сетчатым фильтром.

Широкий диапазон размеров (от 4″ до 12″) даёт возможность предлагать наиболее подходящие для потребителей решения,

позволяющие экономить энергию, уменьшать эксплуатационные расходы и снижать воздействие на окружающую среду.



а) б)

Рис. 17. Центробежные погружные насосы

а) насос ЭЦВ с электродвигателем:

1 – корпус насоса; 2 – гидравлическая разгрузка рабочих колес; 3 – рабочие колёса, 4 – восьмигранный подшипник; 5 – фильтр; 6 – вал насоса; 7 – ротор; 8 – статор электродвигателя; 9 – самоцентрирующийся упорный подшипник; 10 – обмоточный провод; 11 – встроенный обратный клапан

б) насос ЭПЛ с электродвигателем:

1 – трубка; 2 – корпус; 3, 6, 12, 18 – подшипник; 4 – опорная пята; 5, 13 – кольцо; 7 – ротор; 8 – статор электродвигателя; 9 – упорные кольца; 10 – резинометаллические втулки; 11 – гильза; 14 – фильтр; 15 – соединительная втулка; 16 – опорное кольцо; 17 – рабочие колеса; 19 – отводы; 20 – корпус насоса; 21 – распорные втулки; 22 – сетчатый фильтр; 23 – напорный патрубок

В насосах типа ЭПЛ применяются гидравлические неразгруженные рабочие колеса и специальной конструкции отводы с обратными клапанами.

Рабочие колеса *17* изготовлены из чугуна (пластмассы) и закреплены на валу насоса с помощью общей шпонки и распорных втулок *21*. Отводы *19* служат для направления жидкости от одного колеса к центру следующего. Они выполнены из чугуна и помещены в корпус насоса *20* в виде стальной трубы.

Направляющие каналы отвода образованы лопатками, очерченными по логарифмической спирали. Обратные каналы отвода диффузорные винтовой формы. В верхней части корпуса расположен напорный патрубок *23*, имеющий внутреннюю резьбу для присоединения насоса к колонне водоподъемных труб. Вал насоса многоопорный, опорами являются резиновые подшипники *18*, расположенные в отводах.

Распорные втулки изготовлены из нержавеющей стали и одновременно защищают вал от износа. Насос посредством опорного кольца *16* крепится болтами к фланцу корпуса верхнего подшипника двигателя. Вал насоса соединяется с валом двигателя при помощи соединительной втулки *15*, которая в нижней своей части имеет лабиринтное уплотнение и одновременно является пескосбрасывателем.

Приводом насоса служит асинхронный трехфазный водозаполненный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

Статор *8* электродвигателя представляет собой сердечник, набранный из пластин листовой электротехнической стали, покрытый изоляционным лаком. Статорный сердечник от осевого смещения фиксируется упорными кольцами *9*, а от проворота удерживается продольной шпонкой. Пазы статора закрытые. Обмотка статора выполнена проводом, имеющим специальную изоляцию из полихлорвинилового пластика, что обеспечивает надежную работу электродвигателя в воде.

Ротор *7* электродвигателя представляет собой пакет пластин электротехнической стали, который удерживается на валу замками-кольцами. В пакете ротора имеются отверстия, в которые укладываются медные стержни, соединяемые на выводах с помощью колец. Для уменьшения износа шеек вала в подшипниках на шейке напрессованы гильзы *11* из нержавеющей стали с поверхностной закалкой. В корпусах верхнего *12* и нижнего *6* подшипников запрессованы резинометаллические втулки *10*. Корпус верхнего

подшипника крепится болтами к кольцу *13*, находящемуся в стакане статора, и служит одновременно для присоединения электродвигателя к насосному узлу. Верхняя часть корпуса подшипника выполнена в виде ребер и является приемной частью при заборе воды из скважины. На ребре корпуса подшипника крепится защитная сетка *14*. Ввод питающего кабеля осуществляется через отверстия в корпусе верхнего подшипника с резиновым уплотнением.

Осевая сила, возникающая при работе насоса, и собственный вес роторов электродвигателя и насоса воспринимаются опорной пятой, опирающейся на подпятник. Опорная пята *4* выполняется из нержавеющей стали, и крепится на валу с помощью шпонки и стопорной гайки. Лигнефолевый подпятник *3* запрессован в стальной корпус *2* и крепится к нему болтами с потайной головкой. Корпус подпятника крепится к кольцу *5* в стакане статора болтами, которые одновременно фиксируют корпус нижнего подшипника.

Во время работы электронасос находится под водой, причем динамический уровень воды в скважине должен быть выше головки насоса не менее чем на 1 м. Засасываемая через сетку *14* насоса вода поступает в первое рабочее колесо, откуда под давлением выходит в отвод и затем направляется на вход следующего рабочего колеса и так далее до выхода из насоса. Вода подается на поверхность по колонне водоподъемных труб.

Для лучшего отвода тепла, выделяющегося при работе электродвигателя, создается принудительная циркуляция охлаждающей воды через электродвигатель. Охлаждающая вода подается со стороны нагнетания через сетчатый фильтр *22*, расположенный в верхней части корпуса насоса, и по трубе *1* поступает во внутреннюю полость электродвигателя через отверстие в подпятнике. Вода, протекающая под действием перепада давлений через зазор между пятой и подшипником, служит смазкой упорного подшипника и охлаждает его.

Конструктивные особенности насосов ЭЦВ.

Корпус насоса из толстостенной стальной трубы для максимальной жесткости и прочности конструкции.

Гидравлическая разгрузка рабочих колес значительно уменьшает осевую силу, действующую на осевой подшипник электродвигателя, что заначительно увеличивает его ресурс.

Запатентованная конструкция пластмассовых рабочих колёс, армированных нержавеющей сталью, значительно повышает срок службы насоса.

Таблица 13

Технические характеристики погружных насосов

Марка агрегата	Подача, Q м³/час	Напор, H м	Электродвигатель погружной		Диаметр обсадной трубы, мм, не менее	Размеры, мм		Масса, кг
			Мощность номинальная кВт	Частота вращения, об/мин.		В поперечном сечении	Длина	
ЭПЛ6-18-100	18	100	9,8	2850	150	99	2700	
ЭПЛ6-18-70	18	70	5,5	2835	150	99	1750	
ЭПЛН10-100-95	100	95	50	2000	250	145	2000	
ЭЦВ4-1,5-100	1,5	100	1,1	2850	124,6	98	1319	30
ЭЦВ4-2,5-50	2,5	50	0,75	2850	124,6	98	1132	23
ЭЦВ5-4-125	4	125	4	2850	124,6	98	1924	56
ЭЦВ5-5-40	5	40	1,5	2850	124,6	120	1326	46
ЭЦВ5-6,5-120	6,5	120	4	2850	150	120	1924	57,5
ЭЦВ6-4-90	4	90	2,8	2850	150	145	1474	79
ЭЦВ-6-6,5-100	6,5	100	4,5	2850	150	145	1562	76
ЭЦВ-6-6,5-105	6,5	105	4,5	2850	150	145	1562	76
ЭЦВ6-6,5-300	6,5	300	11	2850	150	145	2762	126
ЭЦВ6-10-290	10	290	13	2850	150	145	2196	144
ЭЦВ8-16-300	16	300	22	2900	200	186	2668	241
ЭЦВ8-25-300	25	300	32	2900	200	186	2976	263
ЭЦВ8-30-230	30	230	32	2900	200	186	2718	254
ЭЦВ8-40-200	40	200	37	2900	200	186	2880	295
ЭЦВ8-57-70	57	70	18,5	2900	200	186	1972	179
ЭЦВ10-65-275	65	275	65	2919	250	235	2860	421
ЭЦВ10-80-30	80	30	20	2919	250	235	1420	190
ЭЦВ10-120-120	120	120	65	2919	250	235	2417	430
ЭЦВ12-160-100	160	100	65	2919	300	281	2414	450
ЭЦВ12-255-30	255	30	32	2919	300	281	1367	254

Восьмигранные подшипники для лучшего отвода песка.

Встроенный фильтр на входе в насос.

Валы насоса и электродвигателя из нержавеющей стали.

«Беличья клетка» ротора из меди увеличивает эффективность и надежность электродвигателя при работе в сложных условиях.

Увеличенная длина статора и ротора повышает надежность электродвигателя, снижает чувствительность к перепадам напряжения и улучшает охлаждение.

Самоцентрирующийся упорный подшипник для восприятия осевой нагрузки.

Обмоточный провод с высокотемпературной изоляцией (до 100°С) снижает чувствительность двигателя к перепадам напряжения и увеличивает его ресурс.

Встроенный обратный клапан предотвращает гидроудары и обратное вращение насоса.

К вихревым погружным насосам относятся:

Электронасос серии «Иртыш» типа ПД (рис. 18).

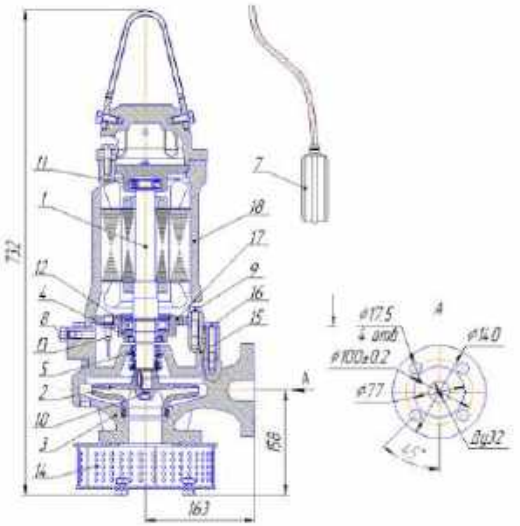


Рис. 18 Общий вид, габаритные и присоединительные размеры электронасоса «Иртыш» ПДС 32/160 – 3/2

1 – электродвигатель; 2 – колесо рабочее; 3 – корпус спиральный; 4 – манжета; 5 – торцовое уплотнение; 6 – встроенный кабель (-ли); 7 – поплавковый выключатель; 8 – пробка масляной камеры; 9 – метизы крепления корпуса камеры и стакана подшипника к корпусу электродвигателя; 10 – метизы крепления колеса рабочего (с шайбой); 11, 12 – подшипник (-ки); 13 – датчик влажности; 14 – подставка-фильтр;15 – корпус камеры; 16 – метизы крепления корпуса камеры к корпусу спиральному; 17 – стакан подшипника; 18 – корпус электродвигателя; 19 – метизы крепления крышки камеры к корпусу камеры; 20 – крышка камеры

Электронасос серии «Иртыш» (рис. 18) типа ПД является моноблочным агрегатом, предназначен для перекачивания чистой воды (кроме морской) температурой от 0 до 50°С и водородным показателем pH 6,5…9,0, и других жидкостей, сходных с чистой водой по плотности, вязкости и химической активности. Перекачиваемые жидкости не должны содержать механических примесей по объему более 0,1% и размером более 2 мм.

Структурная схема условного обозначения насосов серии «Иртыш» типа ПД

1	2	3	4	-	5	/	6	.	7	-	8	-	9	-	10	11	/	12	13	14	-	15	16	17

1 – Серия насосов – Иртыш;
2 – Тип электродвигателя:
П – погружной электродвигатель без принудительного охлаждения;
Р – погружной электродвигатель с принудительным охлаждением;
Н – наружный электродвигатель («сухой»);
3 – Тип гидравлической части насоса:
Ф – для сточных масс;
Д – для слабозагрязнённой и чистой воды.
Ш – шламовый;
П – песковый;
Г – грунтовый;
О – осевой.
4 – Тип рабочего колеса:
1, 2 и т.д. – одно-, двух-, и т.д. канальное закрытое рабочее колесо;
С – вихревое рабочее колесо;
Без обозначения – многоканальное рабочее колесо (для дренажных насосов).
5 – Номинальный диаметр напорного патрубка;
6 – Номинальный диаметр рабочего колеса;
7 – Фактический диаметр рабочего колеса;
8 – Конструктивное исполнение:
К – рабочее колесо из нержавеющей стали;
Х – вся проточная часть из нержавеющей стали;
Т – специальное исполнение по требованию заказчика;
Ч – для совместной работы с частотным преобразователем;
Без обозначения – штатное исполнение.
9 – Длина кабеля по спец. заказу, м (на пример 20 м.) допуск на длину кабеля ±5%;
Без обозначения – штатная длина кабеля (10 м), допуск на длину кабеля ±5%.

10 – Тип питающей сети:

М – монофазный 1Ф 220 В;

А – 60 Гц;

0,2 – трехфазный 220 В;

0,66 – 660 В;

6 – 6000 В;

10 – 10000 В;

Без обозначения – трехфазный 380 В, 50 Гц.

11 – Номинальная мощность электродвигателя;

12 – Число полюсов электродвигателя;

13 – Исполнение электродвигателя:

РВ Ех – взрывозащищенного исполнения для рудничных условий

Ех – взрывозащищенного исполнения;

Без обозначения – базовый электродвигатель.

14 – Тип подключения электродвигателя:

380/660 220/380 – подключение «треугольник/звезда»;

Без обозначения – подключение «звезда».

15 – Вариант монтажа насоса:

0 – мобильный погружной;

1 – стационарный погружной (под опускное устройство);

2 – стационарный моноблочный горизонтальный;

3 – стационарный моноблочный вертикальный;

4 – стационарный на плите с муфтой горизонтальный;

5 – стационарный в трубе;

6 – стационарный на плите с ременной передачей.

16 – Исполнение шкафа управления:

0 – без шкафа управления;

1 – ручного управления;

2 – автомат с одним или двумя поплавковыми выключателями;

3 – автомат для двухнасосной станции;

4 – автомат с одним поплавковым выключателем климатического исполнения УХЛ1.

17 – Способ защиты двигателя:

0 – без защиты;

1 – термозащита;

2 – влагозащита;

6 – влаго-термозащита;

7 – влаго-термозащита, контроль температуры подшипников;

8 – влаго-термозащита, контроль вибрации подшипников;

9 – влаго-термозащита, контроль температуры подшипников, контроль вибрации.

К шнековым (винтовым) погружным насосам относятся:

Насосы погружные винтовые (рис. 19) однопоточные типа ЭВНОП, предназначенные для отбора нефтеносной пластовой жидкости при эксплуатации в составе скважинных установок.

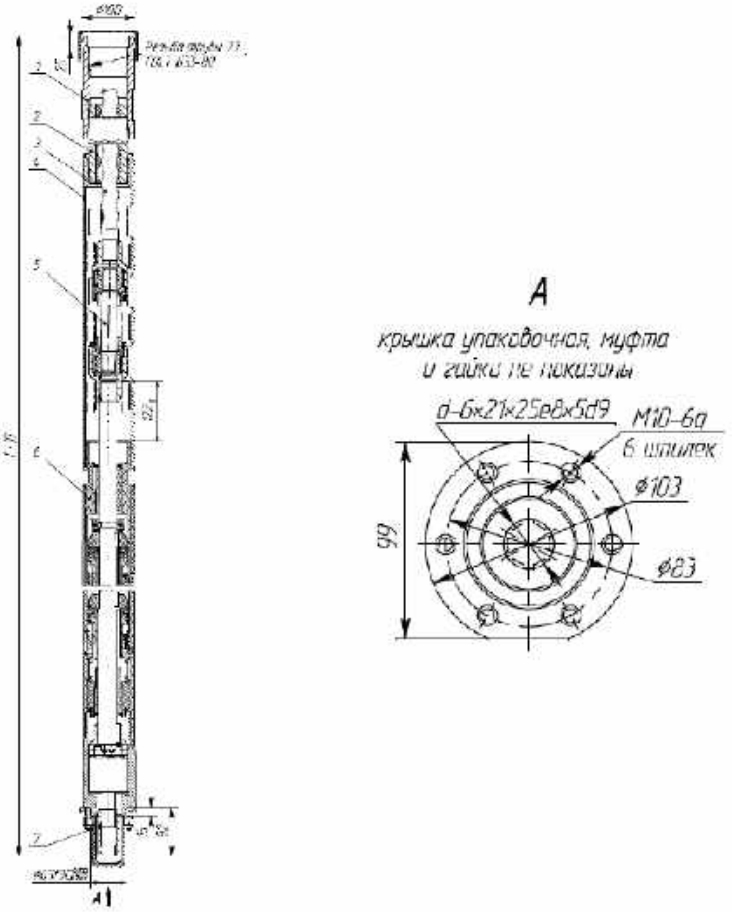


Рис. 19 Общий вид, габаритные и присоединительные размеры электронасоса ЭВНОП

1 – патрубок, 2–обойма, 3–винт, 4–корпус,
5–муфта эксцентриковая, 6–опора осевая насоса, 7–муфта

Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭВНОП

ЭВНОП	ЭВНОП – обозначение насоса, где Э – привод от погружного электропривода (в дальнейшем привод); В – винтовой; Н – насос; О – одноточный; П – погружной;
-Х	Внутренний диаметр обсадной трубы в дюймах
-ХХХ	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-ХХХХ	Номинальный напор на выходе из насоса в метрах водяного столба
-ХХ	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69

Подготовка скважины и оборудования к монтажу

Перед монтажом насосной установки в скважину, производится подготовка её специализированными организациями. В процессе выполнения этих работ должно быть проведено: прокачка, откачка скважины, замер диаметров обсадной трубы и проверка скважины на прямолинейность.

Прокачка скважин производится с целью удаления механических примесей до полного осветления воды и может считаться законченной, если содержание механических примесей в откачиваемой воде станет менее 0,01% по весу.

Для прокачки скважины нельзя использовать погружной насос, предназначенный для работы в стационарной насосной установке. Прокачку скважины обычно производят эрлифтными установками, водоструйными насосами или специально для этой цели предназначенными насосами.

При проведении опытных откачек определяются дебит скважины, статический и динамический уровень воды, удельный дебит. Если вода скважины предназначена для хозяйственно-питьевых или технических целей, кроме перечисленного, отбираются пробы воды для химического и бактериологического анализов. В случае, когда после окончания бурения скважина длительное время не эксплуатировалась, перед монтажом насосной установки делают ревизию скважины. При этом проверяют глубину забоя, статический уровень воды и производят непродолжительную откачку с отбором проб воды для анализов.

Перед монтажом насосной установки необходимо проверить скважину. При проверке скважины измеряют ее глубину,

определяют статический уровень воды и измеряют начальные и конечные диаметры обсадных труб скважины. Необходимо также проверить соответствие технической характеристики насоса характеристике скважины и установить необходимую глубину погружения насоса. Если положение динамического уровня неизвестно, то его можно приближенно определить по известной подаче насоса и удельному дебиту скважины. Разделив подачу насоса на удельный дебит, получим величину понижения динамического уровня от статического. Насос должен быть опущен ниже динамического уровня на величину, предусмотренную инструкцией. До намеченной глубины погружения насоса скважину проверяют на прямолинейность специальным шаблоном с габаритами, несколько большими максимального диаметра и длины агрегата.

Перед монтажом должна быть проведена подготовка вспомогательного и стационарного оборудования.

Вспомогательным является оборудование, используемое для монтажа и демонтажа насосной установки. К нему относятся грузоподъемные средства, трубы, соединительные муфты, скобы крепления кабеля, наземная арматура, крышка скважины или опорное колено, задвижка, манометр, два монтажных хомута, а также приборы и инструменты, необходимые для проведения монтажных работ.

Грузоподъемное оборудование выбирается исходя из веса агрегата вместе с кабелем, колонной водопроводных труб, заполненных водой (для насосов с обратным клапаном), и опорным коленом. В качестве грузоподъемных средств предусматривается использование автомобильных кранов, монтажных треног или вышек с блоками, лебедками или талевыми системами соответствующей грузоподъемности. Грузоподъемные средства устанавливаются так, чтобы крюк находился над осью скважины. У скважины должно быть также оборудовано рабочее место в виде деревянного помоста или монтажного стола.

Погружные насосы обычно поставляются заводами собранными, с электродвигателями и полностью отрегулированными. Перед монтажом проверяют состояние агрегата и комплектующего оборудования. При этом проверяется легкость вращения ротора агрегата. В большинстве конструкций насосов для этого надо снять защитную сетку и специальным рычагом, входящим в комплект поставки, проворачивать ротор агрегата через втулку,

соединяющую вал насоса с валом двигателя. В соединительной втулке для проворачивания ротора рычагом предусматриваются отверстия или специальные пазы. Ротор агрегата должен проворачиваться плавно, без заеданий. Желательно, чтобы подшипники агрегата были предварительно смочены водой. В случае, если ротор агрегата не проворачивается или для проворачивания требуется большой момент, необходимо отсоединить насос от двигателя и отдельно проверить легкость вращения роторов насоса и двигателя. При этом необходимо проверить также осевой люфт ротора насоса. Устранив причину заедания, собирают насос с двигателем, следя при этом, чтобы осевой люфт ротора насоса не был полностью выбран.

Проверяют состояние изоляции обмотки электродвигателя, затем присоединяют токоподводящий кабель с выводным концом электродвигателя. Для этого зачищают изоляцию на концах токоподводящего кабеля на конус и лудят обнаженные концы стержней кабеля оловянисто-свинцовым припоем, используя в качестве флюса канифоль. Концы токоподводящего кабеля вставляют в медные гильзы, припаянные к выводным концам электродвигателя, и запаивают их тем же припоем. Место спайки зачищают от наплывов припоя и изолируют вполнахлеста полихлорвиниловой лентой, входящей в комплект поставки. Ленту накладывают с натяжением, добиваясь плотного прилегания слоев, пока диаметр изолируемого участка не станет равным диаметру кабеля. После этого изолируют той же лентой в три слоя кабель в месте соединения на длине, примерно вдвое превышающей длину соединения. Для проверки сопротивления изоляции мест спаек всех трех фаз кабель в месте соединения погружается в металлический сосуд с водой при температуре 20- 30°С на 1,5-2 часа. Сосуд с водой должен быть помещен на изоляционную прокладку и полностью изолирован от корпуса двигателя. Измерение сопротивления изоляции производится мегомметром, для чего одна его клемма подсоединяется к сосуду с водой, а другая к токоподводящей жиле кабеля. Сопротивление изоляции мест спаек должно быть не менее предусмотренного инструкцией (500 МОм).

Если окажется, что сопротивление изоляции места спайки ниже требуемого, необходимо изолировать снова.

Затем присоединяют насос к нижней трубе колонны водоподъемных труб или к специальному патрубку. Под муфтой или

фланцем трубы или патрубка крепят монтажный хомут. На монтажный хомут надевают стропы и поднимают агрегат до вертикального положения с помощью грузоподъемного устройства.

Датчик сухого хода, если он предусмотрен, крепится к водоподъемной трубе на расстоянии 1 м от насоса.

Электродвигатель, если предусмотрено инструкцией, заполняется чистой водой через существующее для этой цели отверстие с пробкой или фильтром. В зимнее время, при температуре ниже 0°С, допускается подогрев воды для заполнения двигателя, но не выше 50°С. Во избежание замерзания воды немедленно после заливки двигателя начинают спуск агрегата в скважину. Запрещается заливать двигатель горячей водой. После заливки двигателя завертывают пробку или фильтр, ставят защитную сетку и крепят кабель и провод датчика сухого хода скобами (поясами) к патрубку или трубе.

Все подготовительные работы и монтаж насосной установки должны производиться в соответствии с требованиями заводских инструкций.

Монтаж насосной установки

После окончания подготовительных работ приступают к монтажу установки. Монтаж насосных установок, как и подготовка скважин, должен производиться специализированными организациями.

Агрегат поднимают на такую высоту, чтобы можно было завести его в скважину, и медленно опускают до упора хомута в кромку обсадной трубы. При спуске агрегата необходимо следить за целостностью токоподводящего кабеля и не допускать его провисания при креплении к колонне водоподъемных труб. Кабель через каждые два метра крепится к трубам поясами или скобами. В местах крепления кабель следует обернуть резиновой или изоляционной лентой. Чрезмерная затяжка скоб не допускается.

Следующую трубу поднимают за монтажный хомут, который укреплен под ее муфтой или фланцем, до вертикального положения и осторожно опускают до соприкосновения с муфтой или фланцем предыдущей трубы. После соединения труб приподнимают собранную часть агрегата, снимают нижний монтажный хомут и продолжают спуск агрегата в скважину. При этом производят крепление кабеля к трубе через указанный интервал, не допуская провисания и повреждений кабеля. Колонна водоподъемных

труб наращивается до тех пор, пока насос не будет опущен на требуемую глубину. Верхний конец последней трубы присоединяется к опорному колену или плите, после этого агрегат с колонной труб приподнимают, снимают монтажный хомут и медленно опускают, пока опорное колено или плита не станет на кромку обсадной трубы. Токоподводящий кабель пропускается при этом через паз опорной плиты или колена.

После окончания работ, связанных с опусканием агрегата в скважину, производится монтаж наземного оборудования. Наземное оборудование включает в себя манометр, задвижку, сливной или магистральный трубопровод и станцию управления. Сливной или магистральный трубопровод с задвижкой присоединяется к опорному колену. Сливной трубопровод может быть заменен водоразборным баком в зависимости от местных условий. В водоразборном баке для автоматизации работы насосной установки монтируется датчик уровня. Манометр обычно устанавливается на трубе, ввернутой в отводной патрубок опорного колена.

Станция управления устанавливается в насосном помещении, а при его отсутствии в закрытом помещении в непосредственной близости от скважин. Станции управления могут работать при температуре от -35 до +5°С при относительной влажности воздуха не более 70%. Перед монтажом необходимо убедиться в исправности размещенной в станции управления аппаратуры, удалить консервирующую смазку и тщательно протереть контакты. Необходимо также проверить затяжку всех болтов и гаек как крепежных, так и контактных. Сопротивление изоляции станции проверяется мегомметром и должно быть не ниже установленного инструкцией. После этого станцию управления закрепляют в вертикальном положении в предусмотренном месте и заземляют ее корпус. Провода внешних соединений подводятся через отверстия в крышке станции и подсоединяются согласно принципиальной схеме. По окончании монтажа удаляют из шкафа станции все посторонние предметы, проверяют, нет ли повреждений и загрязнения деталей.

Закончив в указанной последовательности все работы, приступают к пробному пуску насосной установки.

Эксплуатация погружных насосов

Пробный пуск, как и любые пуски погружного насоса, может производиться только при помощи станции управления. Насосы,

двигатели которых заполняются водой скважины, включают не раньше, чем через 2 часа после погружения агрегата в воду (это время необходимо для заполнения полости электродвигателя водой).

Для пуска насосной станции на автоматический режим работы универсальный переключатель ставят в положение *А* «Автоматическое». Затем, нажав кнопку «Пуск», включают автоматический выключатель. Загорается сигнальная лампа, показывая наличие напряжения на станции управления.

Происходит пуск двигателя, и насос подает воду в башню. Уровень воды в башне регулируется датчиком уровня.

Для ручного управления переключатель ставят в положение *Р* «ручное» и управляют работой станции автоматическим выключателем.

Если при нажатии кнопки «пуск» двигатель не включается, необходимо проверить электрическую схему насосной установки, величину напряжения на всех фазах и повторно пустить насос. В случае, когда и при повторном пуске двигатель не включается, агрегат демонтируют для обнаружения и устранения неисправностей.

Задвижка на нагнетательном трубопроводе должна быть при пуске полностью закрыта. Через 1-2 мин. после пуска должна быть зафиксирована подача воды. Убедившись, что работа агрегата протекает нормально, постепенно открывают задвижку на напорном трубопроводе и устанавливают рабочий режим. Подача насоса в этом режиме не должна превышать дебита скважины. Если насос не дает подачу, то необходимо изменить направление вращения двигателя путем переключения фаз. Проверка направления вращения двигателя является одной из задач пробного пуска.

При выносе с откачиваемой водой песка останавливать насос до полного осветления воды не рекомендуется. При этом следует уменьшить подачу насоса, прикрывая задвижку.

Во время пробного пуска измеряют динамический уровень воды в скважине и проверяют, достаточный ли имеется подпор. Если подпор меньше требуемого инструкцией, то надо опустить агрегат ниже, наращивая колонну водоподъемных труб. После нескольких часов нормальной работы насос останавливают. Перед остановкой насоса закрывают задвижку, чтобы уменьшить скорость обратного течения воды в напорном трубопроводе. Это особенно важно, если насос не имеет обратного клапана. При отсутствии обратного клапана насос после выключения двигателя

вращается в обратную сторону, работая как турбина, под действием напора воды в колонне водоподъемных труб. Поэтому повторный пуск насоса нельзя производить раньше, чем через 3-5 мин, т. е. пока не сравняются уровни воды в колонне водоподъемных труб и в скважине.

После остановки насоса проверяют исправность наземного оборудования, и после этого насосную установку можно считать готовой к эксплуатации.

Условием экономичной эксплуатации насосной установки является работа насоса в оптимальном режиме, которому соответствует наибольший к.п.д. Необходимым условием также является, чтобы дебит скважины и положение динамического уровня обеспечивали работу насоса в заданных пределах подач и напоров рабочей зоны характеристики. Дебит скважины, динамический и статический уровни систематически контролируются. Насосы должны эксплуатироваться в скважинах с температурой воды не более 25°С и содержанием механических примесей до 0,01% по весу.

В процессе эксплуатации необходимо систематически проверять исправность электроприборов и станции управления. Потребляемый двигателем ток не должен превышать допустимого. Осмотр станции управления производят не реже раза в месяц. При этом проверяют состояние контактов пускателя и реле, а также затяжку болтов и гаек как крепежных, так и контактных. Одновременно удаляют металлическую пыль от износа контактов, так как ее скопление может понизить сопротивление изоляции пускателя. Не рекомендуется смазывать контакты и подвижные части.

Обгоревшие контакты протирают чистой тряпкой, смоченной в спирте, до появления металлического блеска. Наплавленные капельки на контактах можно предварительно снять «бархатным» напильником.

Демонтаж и профилактические осмотры производятся в сроки, устанавливаемые инструкциями. Насос необходимо остановить и демонтировать для осмотра в любом из следующих случаев: прекратилась подача воды; потребляемый двигателем ток превышает допустимый; подача на 25% меньше номинальной.

Перечень основных неполадок, наиболее часто встречающихся при эксплуатации погружных насосов, и способы их устранения приведены в табл. 14

Таблица 14

Основные неисправности и способы их устранения

Наименование неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
1	2	3
1. Агрегат не работает	а) Перегорели предохранители в станции управления	Заменить предохранители. Если новые предохранители опять перегорают, следует проверить электросеть и провод
	б) Сработало реле аварийного тока или напряжения	Снова включить реле
	в) Отсутствует подача электропитания	Связаться с соответствующей электроснабжающей организацией
	г) Повреждён пускатель	Отремонтировать или заменить пускатель
	д) Повреждён агрегат или токоподводящий провод	Отремонтировать или заменить агрегат или провод
	е) Повреждение или обрыв в цепи управления	Проверить электрическую цепь
	ж) Агрегат отключен при срабатывании системы защиты от пуска всухую	Проверить уровень воды. Если уровень воды в норме, проверить систему защиты агрегата от пуска всухую
2. Агрегат работает, но подачи воды нет	а) Закрыта задвижка	Открыть задвижку
	б) Отсутствие воды в колодце или скважине или слишком низкий её уровень	Увеличить глубину погружения агрегата, выполнить дросселирование в напорной магистрали или заменить агрегат другим, меньшего типоразмера, у которого более низкая подача
	в) Залипание обратного клапана в закрытом положении	Извлечь агрегат на поверхность. Промыть или заменить клапан
	г) Забита сетка на всасывающей части агрегата	Извлечь агрегат на поверхность и очистить сетку на всасывающей части
	д) Повреждён агрегат	Отремонтировать или заменить агрегат

Окончание табл. 14

1	2	3
3. Агрегат работает с пониженной производительностью	а) Уровень воды понижен больше, чем предполагалось	Увеличить глубину погружения агрегата, выполнить дросселирование в напорной магистрали или заменить агрегат другим, меньшего типоразмера, у которого более низкая подача
	б) Частично забиты или закрыты клапаны в напорном трубопроводе	Отремонтировать клапаны и, если требуется, промыть или заменить новыми
	в) Частично забит грязью (глиной) напорный трубопровод	Прочистить или заменить напорный трубопровод
	г) Частично забит обратный клапан агрегата	Извлечь агрегат на поверхность, промыть или заменить клапан
	д) Частично забиты грязью (частицами глины) колонна и агрегат	Извлечь агрегат на поверхность, демонтировать и промыть, если требуется, заменить. Промыть колонну.
	е) Повреждён агрегат	Отремонтировать или заменить агрегат
	ж) Разгерметизирован трубопровод	Проверить и отремонтировать трубопровод

Демонтаж и ремонт погружных насосов

Погружные насосы в процессе эксплуатации подвергаются естественному износу. Поэтому с целью предупреждения преждевременного выхода агрегата из строя периодически проводят его демонтаж, профилактический осмотр и замену изношенных деталей. Периодичность проведения профилактических осмотров устанавливается заводами-изготовителями.

Для демонтажа агрегата над скважиной устанавливают грузоподъемное устройство. Рядом со скважиной подготавливают деревянный настил для размещения бухт токоподводящего кабеля и агрегата. В случаях, когда эксплуатация насосной установки не может быть прекращена на длительное время, необходимо иметь на рабочем месте подготовленный к монтажу запасной насос на замену демонтируемого. Перед подъемом агрегата из скважины необходимо отключить электроэнергию и отсоединить токоподводящий кабель от станции управления. Необходимо также отсоединить

колено колонны водоподъемных труб от магистрального трубопровода. После этого поднимают агрегат с колонной водоподъемных труб на такую высоту, чтобы можно было закрепить монтажный хомут под муфтой или фланцем второй трубы. Затем агрегат с колонной опускают, пока монтажный хомут не упрется в кромку обсадной трубы, и продевают стропы в проушины монтажного хомута для второго подъема. С первой трубы снимают пояса или скобы крепления кабеля и сматывают его на барабан или в бухты, укладывая последние на деревянный настил. При сматывании кабеля нельзя допускать резких его изгибов и повреждения изоляции. Затем отвертывают трубу и укладывают ее на заранее подготовленные подмостки.

Второй и последующие подъемы агрегата осуществляются в той же последовательности. Последний захват монтажным хомутом делают с таким расчетом, чтобы при подъеме весь агрегат вышел из скважины.

Агрегат необходимо отсоединить от трубы, слить воду из электродвигателя и уложить на чистый настил или монтажный стол. Не отсоединяя кабеля от электродвигателя, проверяют сопротивление изоляции.

В случае ремонта разборку агрегата необходимо производить в последовательности, установленной инструкцией. При разборке насоса рекомендуется разметить все детали, чтобы сохранить прежнее их положение при последующей сборке. В процессе разборки все детали насоса и электродвигателя тщательно очищают от песка, грязи, ржавчины и различных налетов. После этого производят контроль размеров сопрягаемых деталей и определяют степень их износа. Детали агрегата, имеющие износ выше допустимого, заменяют новыми. Особое внимание уделяют проверке состояния подшипников насоса и электродвигателя, защитных и распорных втулок, пяты и подпятников насоса и двигателя, а также проверяют зазоры в уплотнениях рабочих колес. Соприкасающиеся поверхности этих деталей не должны иметь глубоких рисок и задиров.

Следует обратить внимание на состояние шпонок и в случае их износа заменить новыми. Перед сборкой необходимо произвести контрольную балансировку рабочих колес и ротора насоса в сборе. При сборке насоса и двигателя требуется соблюдать последовательность, предусмотренную инструкцией, и руководствоваться ее указаниями по регулировке. Если в процессе ремонта

насоса производилась доработка и замена большого количества износившихся деталей или перемотка статорной обмотки электродвигателя, то в этом случае необходимо провести контрольные испытания на специальном стенде. Отремонтированный погружной насос не должен уступать новому по надежности и техническим параметрам.

Консервация агрегата производится, если после ремонта или демонтажа предусмотрена сдача насоса на хранение. В этом случае агрегат разбирают, насухо протирают все его части, проводят консервацию и хранят в собранном виде в закрытом помещении на расстоянии не менее одного метра от отопительных приборов. Консервация заключается в смазке подпятника и пяты консистентной нейтральной смазкой (солидолом). Подпятник с резиновыми сегментами, а также резиновые подшипники и защитные втулки из нержавеющей стали не смазывают. Обработанные металлические части двигателя и насоса покрывают тонким слоем бакелита.

При сроке хранения свыше одного месяца насос следует хранить залитым чистой водой. Электродвигатель при этом должен быть полностью погружен в воду. Если агрегат хранится свыше шести месяцев, то необходимо его разобрать, произвести осмотр и повторную консервацию.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяются погружные насосы?
2. Как осуществляется процесс забора и подачи воды потребителю?
3. Основные требования по подготовке скважины и насоса к монтажу.
4. Объясните, почему после остановки насоса необходимо выждать некоторое время, а затем включить его снова в работу?
5. Как обеспечивается отвод тепла от электродвигателя и смазка подшипников?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Цель: освоить правила эксплуатации центробежного насоса и выяснить функциональные зависимости его напора H, мощности P и кпд η от расхода Q при постоянной частоте вращения рабочего колеса путем построения характеристик насоса, сравнить полученные результаты с паспортными данными насоса, взятыми из каталога, и определить их расхождение.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, ваттметр (или прибор К-50), секундомер, тахометр.

Полный напор насоса определяется по формуле:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + Z + \frac{\vartheta_н^2 - \vartheta_{вс}^2}{2g}, \qquad (11.1)$$

где H – полный напор насоса, м;

$H_{ман}$ – показание манометра, м;

$H_{вак}$ – показание вакуумметра, м;

Z – расстояние по вертикали от центра манометра до точки присоединения вакуумметра к патрубку насоса, м;

$\vartheta_н$, $\vartheta_{вс}$ – скорость в напорном и всасывающем трубопроводах, м/с.

Потребляемую электродвигателем мощность $P_{дв}$ можно измерить ваттметром или с помощью прибора К-50.

Мощность на валу насоса при КПД электродвигателя $\eta_{дв}$= 0,98 и к.п.д. передачи $\eta_{пер}$ = 0,95 составит:

$$P = P_{дв} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер}. \qquad (11.2)$$

Для построения характеристики насоса необходимо 5…7 раз изменять степень закрытия задвижки и при каждом новом её положении нужно снимать и записывать показания приборов.

Характеристики насосов строятся при постоянной частоте вращения вала насоса. Значения H, P и η, подсчитанные по показаниям приборов, приходится определять при различной частоте вращения вала электродвигателя. Это происходит потому, что короткозамкнутый электродвигатель с увеличением нагрузки меняет частоту вращения. Для построения характеристики насоса при постоянной частоте вращения значения Q, H и P необходимо пересчитать по формулам подобия:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2; \frac{P}{P_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3, \qquad (11.3)$$

где Q_1, H_1, P_1 – приведенные значения подачи, напора и мощности насоса.

Полезная мощность насоса определяется по формуле:

$$P_n = \rho g Q H, \qquad (11.4)$$

где P_n – полезная мощность насоса, Вт;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

Q – подача насоса, м³/с;

H – полный напор насоса, м.

Коэффициент полезного действия насоса

$$\eta = \frac{P_n}{P_1}. \qquad (11.5)$$

По полученным опытным данным строятся графики, на которых по оси абсцисс откладывают подачу насоса Q, а по оси ординат напор H, мощность на привод насоса P и его КПД η.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Перед испытанием насоса провести следующие подготовительные работы: освоить методику определения подачи насоса с помощью водомера, приобрести навыки снятия отсчетов показания манометра и вакуумметра, освоить способ регулирования подачи насоса вентилем.

Подготовить насос к пуску, а именно:

а) выключить манометр *7* (рис.20) и вакуумметр *8* при помощи трехходового крана;

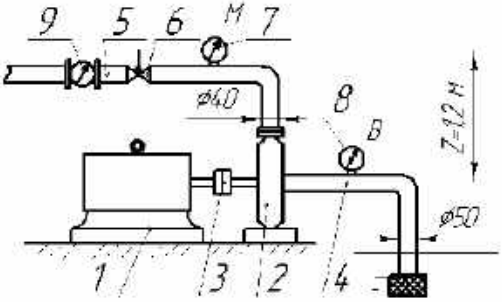


Рис. 20. Схема установки для исследования центробежного насоса:
1 – электродвигатель; 2 – насос К–20/30; 3 – муфта; 4 – всасывающая труба; 5 – напорная труба; 6 – вентиль; 7 – манометр; 8 – вакуумметр; 9 – водомер

б) залить насос водой. Для этого необходимо открыть вентиль *6* на напорном трубопроводе 5 и воздушный кран. Заливку производить до тех пор, пока из воздушного крана вода не начнет выходить без пузырьков воздуха. Закрыть воздушный кран;

в) закрыть вентиль *6* на напорном трубопроводе;

г) включить электродвигатель 1;

д) включить вакуумметр и манометр.

Обычно пуск центробежного насоса производится при закрытом вентиле (задвижке), так как при этом будет минимальное потребление мощности, а, следовательно, и минимальный ток, что очень важно для пусковой электроаппаратуры.

Для построения кривых $H=f_1(Q)$, $P=f_2(Q)$, и $\eta=f_3(Q)$ при $n=const$ необходимо получить для каждой кривой 5...6 опорных точек. Чтобы равномерно распределить точки по длине кривых следует установить предельные значения показаний манометра *7* при минимальной подаче насоса, то есть при закрытом вентиле ($Q=0$) и при максимальной подаче ($Q=Q_{max}$),то есть при полностью открытом вентиле *6*.

Полученную разницу разделить на 5...6 равных частей.

Первые показания приборов записываются во время работы насоса при закрытом вентиле. Второй отсчет приборов записывается при таком открытии вентиля *6*, когда показания манометра 7 уменьшается на 1/5...1/6 часть по сравнению с показаниями при закрытом вентиле и т.д. Последний отсчет берется при полностью открытом вентиле. Отсчеты по всем приборам в каждом опыте берутся одновременно по сигналу.

Количество воды, протекшей за время опыта через водомер *9* удобнее всего принять равным 100 л. Тогда расход воды и скорость её движения в трубе определяется по формулам:

$$Q=\frac{V}{t}, \tag{11.6}$$

$$\vartheta=\frac{Q}{S}, \tag{11.7}$$

где Q – расход воды, л/с;

V – протекший за время опыта объем воды, л;

t – продолжительность опыта, с;

ϑ – скорость воды в трубе, м/с;

S – площадь поперечного сечения трубы, м².

Полный напор насоса H (м) определить по формуле (11.1), мощность на валу насоса P – по формуле (11.2), полезную мощность насоса $P_н$ и его КПД – соответственно по формулам (11.4) и (11.5).

После окончания опытов выключить манометр и вакуумметр, закрыть вентиль и отключить электродвигатель.

Таблица 15

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Опыты					
	1	2	3	4	5	6
Протекший объем воды V, л						
Время протекания, t, с						
Расход Q, л/с						
Показание манометра $H_{маном}$, м						
Показание вакуумметра $H_{вак}$, м						
Расстояние Z, м						
Площадь сечения напорной трубы $S_н$, м²						
Скорость в напорной трубе $\vartheta_н$, м/с						
Площадь сечения всасываю шей трубы, $S_{вс}$, м²						
Скорость во всасывающей трубе $\vartheta_{вс}$, м/с						
Разность скоростных напоров $\frac{\vartheta_н^2 - \vartheta_{вс}^2}{2g}$, м						
Полный напор насоса H, м						
Мощность двигателя $P_{дв}$, кВт						
Мощность на валу насоса P, кВт						
Частота вращения двигателя n, мин⁻¹						
Полезная мощность насоса $P_н$, кВт						
К.П.Д. насоса η						

Все опытные кривые строятся совмещенно на одном графике с одинаковым масштабом расхода Q, который откладывается по оси абсцисс. А по оси ординат откладываются H (м), P (кВт) и η(%) с разными, наиболее удобными для использования масштабами.

По построенным графикам определяются оптимальные значения Q, H и P, соответствующие максимальному значению КПД насоса.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется работа центробежного насоса?
2. Как определяется полный напор насоса по показаниям приборов?
3. При помощи чего и как определяется подача насоса?
4. Что нужно сделать для подготовки насоса к пуску в работу?

5. Как определяется полезная мощность насоса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12
ВОДОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Цель: изучить конструкцию, приобрести навыки сборки и разборки задвижек, вентилей поилок, и другой арматуры, определения и устранения неисправностей.

Оборудование и инструмент: набор задвижек, водораздаточные колонки, автопоилок, комплект слесарного инструмента.

Наружные и внутренние водопроводные сети оборудуют различного рода приборами и устройствами, позволяющими регулировать работу водопровода, разбирать из него воду для тех или иных целей и предохранять его от аварий. Эти приборы и устройства носят название – ***водопроводная арматура***.

По назначению арматура подразделяется на 3 типа:

- регулировочную – задвижки, вентили, регуляторы давления и обратные клапаны;
- предохранительную – предохранительные и приемные клапаны, вантузы;
- водораздаточную – водозаборные и поливочные краны, водоразборные колонки, автопоилки и гидранты.

К основным параметрам трубопроводной арматуры относят диаметр условного прохода D_y и условное давление рабочей среды P_y.

Диаметром условного прохода D_y называют номинальный внутренний диаметр трубопровода, на котором устанавливают арматуру. Значение D_y установлено ГОСТом. Диаметр D_y, как правило, не совпадает с фактическим параметром трубопровода.

Условным давлением P_y является наибольшее избыточное рабочее давление при температуре рабочей среды в 20°С.

В каталогах трубопроводной арматуры, кроме основных параметров, обычно указаны её рабочее и пробные давления. Рабочим называют наибольшее избыточное давление, при котором арматура работает длительное время при рабочей температуре жидкой среды, а пробным – избыточное давление, при котором арматуру и соединительные части трубопроводов подвергают гидравлическим испытаниям на прочность и плотность.

Трубопроводную арматуру изготовляют для следующих условных давлений: P_y = 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4;

10,0; 16,0 МПа.

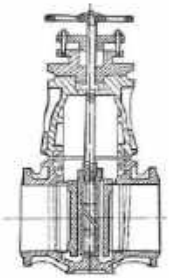
Задвижки служат для изменения расхода воды, для выключения отдельных участков водопроводной сети на время ремонта.

По конструкции рабочего органа задвижки подразделяются на параллельные и клиновые.

Запорная часть параллельных задвижек (рис. 21) состоит из двух дисков и помещенных между ними скошенных клиньев. При закрытии (опускании дисков) клинья раздвигаются и плотно прижимают диски к уплотнительным кольцам, закрывая, таким образом, полностью или частично проход для воды. В клиновых задвижках проход закрывается одним клинообразным круглым диском между уплотняющими кольцами, расположенными в отличие от параллельных задвижек наклонно.



а)



б)

Рис. 21. Задвижки:
а) параллельная с ручным приводом;
б) с неподвижным шпинделем (типа «Москва»)

Задвижки изготавливают с внутренним диаметром от 50 до 1600 мм как с ручным приводом, так и с электро- и гидроприводами.

Вентили имеют то же назначение, что и задвижки (рис. 22). Их изготовляют с резьбовыми и фланцевыми соединениями на нормальное давление до 1 МПа и повышенное давление до 1,6 МПа. Резьбовые вентили изготовляют с внутренним диаметром от 15 до 80 мм, а фланцевые – от 25 до 200 мм.

Вентили обычно устанавливают на внутренних водопроводных сетях (на вводных стояках, на ответвлениях, на подводах к приборам). При монтаже вентилей необходимо учитывать направление движения воды, которая должна поступать через канал, расположенный под запорным золотником, и выходить через канал

над золотником.

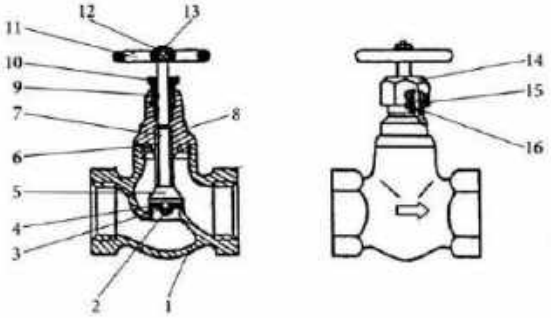


Рис. 22. Устройство вентиля:
1 - тело вентиля; 2 – гайка; 3 – шайба; 4 – прокладка; 5 – клапан;
6 – уплотнение; 7 – шток; 8 – спецвтулка; 9, 16 – сальник; 10, 15 втулка сальника;
11 – маховик; 12 – шайба; 13 – винт;14 – накидная шайба

Водоразборные краны устанавливается у раковины, умывальника, ванны или другого санитарногоприбора. В зависимости от места установки и назначения различают: обычные водоразборные краны, туалетные и краны-смесители. Водоразборные краны для умывальников и ванн изготавливают из цветных металлов с хромированной поверхностью, а для моек и раковин – из цветных металлов или ковкого чугуна. Соединяют их с трубопроводом на резьбе.

Водоразборные краны подразделяют на:

- пробковые водоразборные краны;
- шаровые;
- вентильные;
- водоразборные краны с керамической головкой вентиля.

Шаровые краны – самый популярный вариант запорной водоразборной арматуры. Это одна из старых разработок, которая за последние годы заметно эволюционировала благодаря использованию современных материалов для клапанного седла. Сегодня в его конструкции применяют каучук (синтетический) и фторопласт. Это позволяет добиться высокой герметичности перекрытия потока при минимальных усилиях, прикладываемых на рычаг.

В пробковых моделях роль шара исполняет пробка с отверстием. По форме она может быть конической или цилиндрической. Такой вариант арматуры использовали еще в старых самоварах. Хотя те первоначальные изделия за последние годы существенно

прибавили в надежности.

Пробковые конструкции применяют, когда нужно обеспечить быструю подачу и перекрытие потока для урегулирования аварийной ситуации. Их плюсом является универсальность – такой кран подходит для любых водопроводов. Материал исполнения может отличаться (латунь, чугун, бронза).

Вентильные краны предназначены для перекрытия и регулирования потока жидкости. В отличие от шарового крана, предназначенного только для перекрытия потока, с помощью вентильного крана можно регулировать напор.

Водоразборные краны изготавливают с диаметром условного прохода 15, 20 и 25 мм.

Фланцевый регулятор давления (РД) вентильного типа предназначен для поддержания заданного давления «после себя» на трубопроводах и перед дождевальными машинами.

РД (рис. 23) устанавливают на горизонтальном трубопроводе с помощью фланцев.

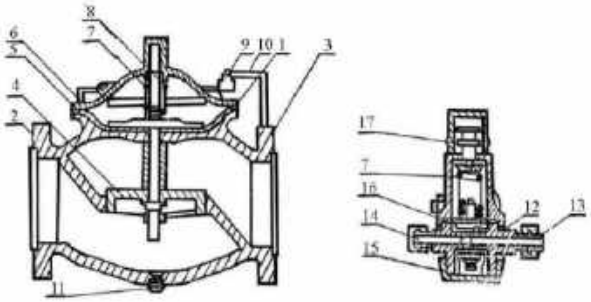


Рис. 23. Фланцевый регулятор давления РД вентильного типа:
1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной патрубки регулятора; 4 – запорный орган; 5 – мембрана; 6 – крышка управляющей камеры; 7 – пружина; 8 – шток; 9 – клапан-пилот; 10 – соединительная трубка; 11 – сливная пробка; 12 – корпус клапана-пилота; 13, 14 – входной и выходной патрубки клапана-пилота; 15 – регулирующий клапан; 16 – мембрана клапана-пилота; 17 – регулировочный болт

При подаче давления в трубопровод вода поступает во входной патрубок *2* регулятора, поднимает запорный орган *4* и через выходной патрубок *3* регулятора выходит в регулируемый трубопровод и одновременно по соединительной трубке в управляющую камеру, а затем через клапан-пилот *9* в выходной патрубок

регулятора.

Под действием давления за регулятором мембрана, преодолевая сопротивление пружины *7*, перемещает регулирующий клапан *15* и перекрывает выходной патрубок *14* клапана-пилота. Поступающая в рабочую камеру вода, воздействуя на мембрану *5* регулятора, перемещает запорный орган до тех пор, пока давление за регулятором не станет равно рабочему. При восстановлении давления пружина клапана-пилота, воздействуя на мембрану и соединенный с ней регулирующий клапан, открывает выходной патрубок *14* клапана-пилота, и вода из рабочей камеры поступает в выходной патрубок регулятора, запорный орган *4* перемещается в положение «открыто». При изменении давления цикл работы повторяется.

Диапазон регулирования 0,4 - 1,2 МПа. Минимальное давление, при котором работает регулятор, – 0,4 МПа.

Обратные клапаны (рис. 24) регулируют движение воды по направлению. Клапан действует следующим образом: при движении вода создает давление на клапан, поднимает его и проходит в трубопровод; при движении воды в обратном направлении клапан закрывает проход.

Обратные клапаны изготавливают двух типов: с клапаном подъемного типа и клапаном поворотного типа, выполненным в виде хлопушки. Поворотные клапаны устанавливают только на горизонтальных участках трубопроводов.



а) б)

Рис. 24. Обратный клапан
а – шаровой; б – поворотного типа

Предохранительные клапаны предназначены для защиты трубопроводов и оборудования от разрушения при повышении давления. Устройство состоит из корпуса (рис. 25), в котором помещен запорный клапан, плотно прижатый к своему седлу штоком, шарнирно соединенным с рычагом, на другом конце которого имеется

несколько грузовых шайб для регулирования момента срабатывания.

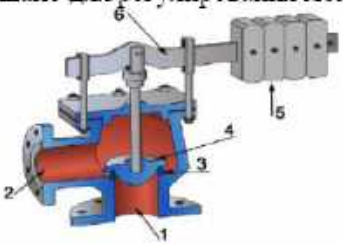


Рис. 25. Предохранительный клапан рычажного типа:
1 – впускное отверстие; 2 – выпускное отверстие; 3 – седло клапана;
4 – золотник; 5 – груз; 6 – рычаг

При повышении давления выше допустимого клапан поднимается, преодолевая сопротивление рычага с грузом, и сообщает полость трубы (котла) с атмосферой, вследствие чего давление в трубопроводе быстро падает.

Приемные клапаны представляют собой разновидность обратных клапанов. Приемный клапан служит для удержания воды во всасывающей трубе и корпусе насоса, обеспечивая пуск насоса в работу. Перед клапаном устанавливают фильтрующую сетку, предупреждающую попадание в насос загрязнений. Приемные клапаны изготовляют с условным проходом от 25 до 200 мм.

Вантузы подразделяются на шаровые, рычажные и мембранные. Применяются для автоматического выпуска воздуха или впуска его в трубопровод. В водопровод воздух попадает путем засасывания насосом и непосредственного выделения из воды. Воздушные скопления образуют воздушные пробки, которые увеличивают сопротивление движению воды или вообще прерывают ее движение. В местах скопления воздуха и устанавливают вантузы.

При быстром опорожнении труб большого диаметра в них образуется вакуум, вследствие чего возникает опасность сплющивания стенок труб под действием атмосферного давления. Поэтому на таких трубопроводах наряду с вантузами для выпуска воздуха устанавливают вантузы для впуска воздуха в трубопровод. Для замены вантуза без выключения трубопровода между ним и вантузом на соединительном патрубке устанавливают задвижку.

В шаровых вантузах (рис. 26, а) при отсутствии воздуха в трубопроводе вода поднимает и прижимает шар *2* к отверстию втулки *3*. При скоплении воздуха в верхней части вантуза шар опускается вместе с водой, отверстие открывается и воздух выхо-

дит наружу.

В рычажных вантузах (рис. 26, б) по мере накопления воздуха в трубопроводе уровень воды в корпусе *1* понижается, и шар-поплавок *3* под действием своего веса опускается вниз, поворачивая рычаг относительно оси, закреплённой на крышке *2*. Тарель *4* открывает отверстие для выпуска воздуха. Когда весь воздух выёдет из трубопровода, шар-поплавок *3* всплывает и тарель закрывает выпускное отверстие.

Мембранные вантузы (рис. 26, в) предназначены для удаления воздуха из трубопровода в эксплуатационном режиме работы систем водоподачи, но и для впуска его при образовании в трубопроводе вакуума. При заполнении трубопровода водой вытесняемый воздух приподнимает мембрану *3* и через образовавшееся отверстие выходит в атмосферу, а в подводящий патрубок *1* и одновременно в рабочую камеру вантуза поступает вода. Поплавок *6* всплывает и перекрывает дроссельное отверстие *5*. Давление в рабочее камере становится равным давлению в подводящем патрубке, а т.к. площадь мембраны со стороны рабочей камеры больше, то мембрана опускается и вантуз закрывается. При нормальной эксплуатации системы водоподачи воздух постепенно поступает через дроссельное отверстие *5* в рабочую камеру, уровень воды в ней понижается, поплавок *6* опускается и отверстие *5* открывается. При образовании в трубопроводе вакуума клапан закроется и в рабочей камере создаётся вакуум. Мембрана *3* под действием атмосферного давления поднимается и воздух входит в трубопровод.

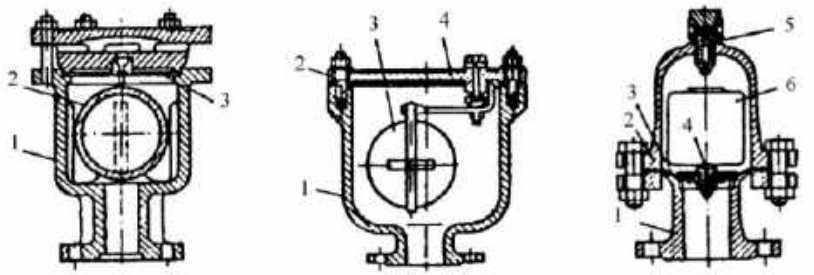


Рис. 26. Вантузы:
а) шаровой: 1 – корпус; 2 – шар; 3 – отверстие втулки;
б) рычажный; 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – шар-поплавок; 4 – тарель;
в) мембранный; 1 – подводяший патрубок; 2 – крышка; 3 – мембрана;

4 – клапан; 5 – дроссельное отверстие; 6 – поплавок

Пожарные гидранты используют для тушения пожара при подаче воды из сети. По конструкции они делятся на подземные и надземные (рис.27).

Надземный пожарный гидрант. Данный тип пожарных гидрантов широко используется в странах Евросоюза, США и Канады. Принцип установки следующий – пожарный гидрант установлен на городскую сеть водоснабжения и верхней своей частью находится над землей. Также имеет устройство для присоединения пожарного рукава и непосредственного забора воды без установки дополнительной пожарной колонки. Надземные пожарные гидранты бывают заполненные водой или с отсечением водяного столба в основании гидранта, для не замерзания воды в зимнее время.



а)



б)

Рис. 27 Пожарный гидрант:
а – надземный; б – подземный

Подземный пожарный гидрант состоит из двух частей: подземной колонки и переносной – стендера. Подземная колонка закрепляется в колодце на пожарной подставке.

Подземный способ установки был использован в связи с несколькими факторами, но ключевым был – не замерзание воды в гидранте под землёй. Подземный пожарный гидрант устанавливаются в специальных колодцах и соединяются с городской сетью водоснабжения. Сверху колодец накрывается люком. Чтобы установить пожарную машину на данный гидрант, необходимо открыть люк, установить специальную пожарную колонку на гидрант и подключить к пожарному автомобилю или непосредственно от колонки через рукава подавать воду на тушение.

Наибольшее распространение в нашей стране получили подземные гидранты московского типа ПГ-5 конструкции инженера

Н.П. Зимина.

В настоящее время промышленность выпускает гидрант пожарный подземный П32.0000 (рис. 28) который предназначен для отбора воды на пожарные нужды с помощью пожарной колонки

По своей конструкции и назначению гидрант представляет собой водоразборный пожарный кран, особенностью которого является предотвращение возникновения гидравлического удара при закрывании гидранта ключом пожарной колонки.

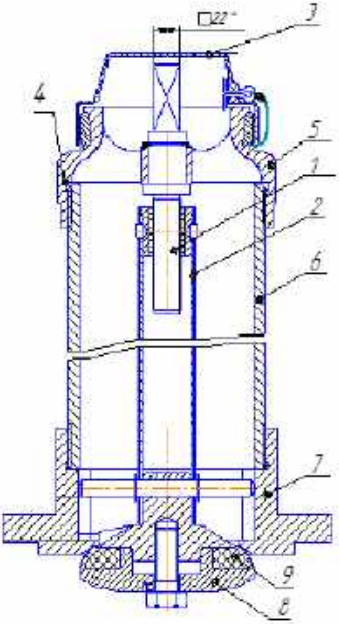


Рис. 28. Пожарный гидрант:
1 – шпиндель; 2 – труба клапана; 3 – крышка в сборе; 4 – кольцо; 5 – нипель; 6 – корпус; 7 – патрубок; 8 – крышка клапана; 9 – кольцо уплотнительной

Гидрант состоит из следующих составных частей: корпуса *6*, патрубка *7*, трубы клапана *2*, крышки клапана *8*, ниппеля *5* с резьбой для навинчивания пожарной колонки и шпинделя *1*, сливного устройства для сброса воды из корпуса *6* гидранта после его закрывания. Во избежание повреждения резьбы и попадания в гидрант посторонних предметов ниппель *5* закрыт крышкой в сборе *3*.

При работе крышку *3* откидывают.

На резьбу ниппеля *5* навинчивают пожарную колонку до плотного прижатия прокладки. Поворотом рукоятки пожарной колонки против часовой стрелки вращают шпиндель *1* с трубой и клапаном *2*. Вращаясь, шпиндель *1* открывает клапан *2*, и вода через образовавшийся проход поступает в корпус 6 гидранта и затем в пожарную колонку.

По окончании отбора воды гидрант закрывают в обратной последовательности.

Оставшаяся в корпусе *6* вода сливается через сливное устройство, расположенное во фланце патрубка.

Гидрант трубопровода РТА-220 применяют для подключения дождевальной установки ДКШ-64 «Волжанка».

Гидрант трубопровода с дождевальной установкой соединяют колонкой, входящей в комплект присоединительного узла ДКШ-64 и переносимой вместе с дождевальной установкой при смене позиций. При соединении гидранта и колонки насосную станцию не выключают и трубопровод не опорожняют.

Автопоилка представляет собой специальное автоматически действующее устройство, при помощи которого животные и птицы самостоятельно, без участия человека, получают из водопровода необходимую для поения воду в любое время суток и в нужном количестве.

Автопоилки для крупного рогатого скота

Автоматические поилки (автопоилки) для КРС бывают индивидуальными и групповыми, стационарными и передвижными.

Индивидуальные поилки применяют в основном на молочных фермах и комплексах с привязным содержанием животных.

Групповые поилки при беспривязной системе содержания скота, в летних лагерях и на пастбищах. В зимнее время года на открытых площадках для поения животных применяют поилки с подогревом воды.

Индивидуальные автопоилки подключают к внутренней водопроводной сети коровника. В этом случае от сети, расположенной над кормушками, отходят трубы-стояки, которые заканчиваются автопоилками (из расчета одна поилка на две коровы).

Если на ферме водопровода нет, поилки подключают к специальным емкостям, в которые вода доставляется специальными автовозами или водораздатчиками. На пастбищах или в летних лагерях, удаленных от водоисточников, животных поят из передвиж-

ных поилок.

Поилка автоматическая ПА-1А состоит из поильной чаши *1* (рис. 29), педали *2*, клапана *7* с пружиной *4* и прокладки *3*. Клапанный механизм находится в клапанной коробке *6*. Педаль поилки соединена с коробкой шарнирно. Вода подводится к внутренней полости корпуса клапана *6* и через решетку подходит к резиновой прокладке *3*, служащей седлом клапана *7*. При нажатии животным на педаль *2* пружина *4* сжимается, клапан отходит от седла и вода через образовавшуюся щель подается к чаше *1* поилки. Когда животное напьется и отпустит педаль, то под действием пружины клапан плотно прижимается к седлу и вода не поступает в чашу.

Поилку устанавливают на стояке между двумя стойлами на высоте 0,5 м от пола. С магистральным трубопроводом водопроводной сети поилку соединяют стальной трубой диаметром 20 мм с помощью седелки. Для этого на трубопроводе в местах присоединения просверливают отверстие диаметром 10 - 12 мм. Стык между седелкой и трубопроводом уплотняют резиновой прокладкой. Стояк присоединяют к седелке и корпусу поилки на резьбе.

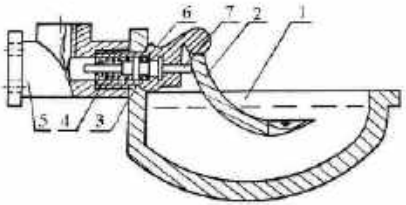


Рис. 29 Автопоилка для КРС ПА-1А:
1 – чаша; 2 – педаль; 3 – резиновая прокладка; 4 – пружина;
5 – корпус; 6 – корпус клапана; 7 – клапан

После монтажа автопоилку проверяют на скорость заполнения водой и герметичность запорного клапана. При нажатии на педаль автопоилки клапан должен полностью открыться, а чаша поилки заполниться водой в течение 15 - 20 с. Поилка изготовлена из чугуна.

Автопоилка индивидуальная АП-1 (рис. 30) относится к типу клапанных поилок. Она отличается от ПА-1 вертикальным расположением клапана, вместо стальной пружины установлен рези-

новый амортизатор. Поилка изготовлена из пластмассы.

Автопоилка индивидуальная ПА-1Б отличается от рассмотренных тем, что чаша изготовлена из алюминия.

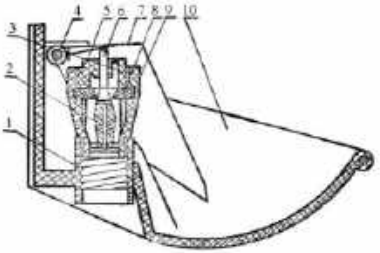


Рис. 30 Автопоилка для КРС АП-1:
1 – бобышка; 2 – амортизатор; 3 – изливное отверстие; 4 – ось педали;
5 – пробка; 6 – клапан; 7 – педаль

Мячевая поилка (рис. 31), имеющая емкость 80 л, рассчитана на 40 животных. Выполняется из ударопрочного высококачественного пластика, не имеет дополнительного подогрева воды. Гладкая круглая форма поилки предотвращает возможность ранения животных.

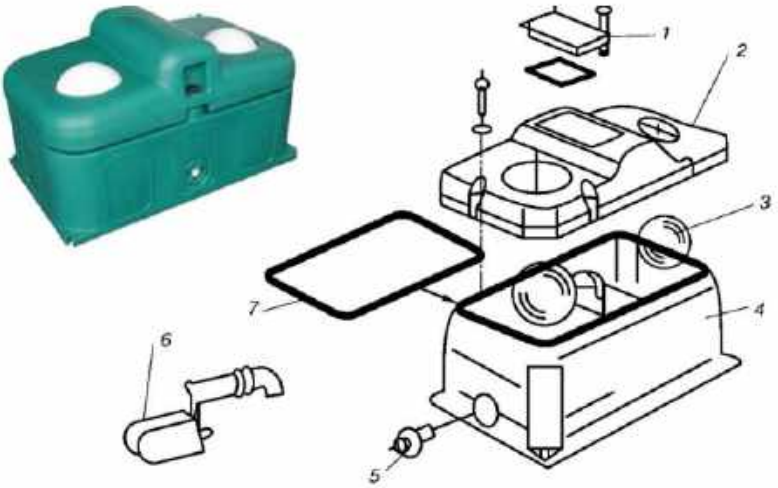


Рис. 31. Общее устройство мячевой поилки:
1 – люк; 2 – крышка; 3 – шар (мяч); 4 – корпус; 5 – дренажный клапан;

6 – поплавковый механизм; 7 – уплотнительная прокладка

Корпус поилки двойной, с полиуретановым термоизоляционным заполнителем. Закрытие поилки обеспечено шаровым, свободно движущимся затвором – мячом диаметром 250 мм. Пополнение воды в поилке обеспечивает поплавковый вентиль. В стенке у дна поилки находится выпускное отверстие, закрытое резиновой пробкой.

При температуре воздуха ниже нуля вода на поверхности шара (мяча) быстро замерзает, особенно ночью, когда животные менее активны. Для устранения этого воду в поилках приходится нагревать либо применять физическую силу для освобождения «мяча» ото льда, что может привести к поломке устройства и выходу его из строя. Использование поилки подобного типа для поения молодняка первого периода жизни (2...4 месяца) в зимний период вообще невозможно – у телят не хватает силы опустить мяч из-за высокого уровня воды в корпусе поилки.

Для обеспечения водой высокопродуктивного скота использование мячевых поилок нецелесообразно. Животные порой подолгу стоят в очереди, чтобы утолить жажду. Если на комплексе эксплуатируется необезроженный скот, то помимо снижения продуктивности из-за недостаточного количества питьевой воды в группе появляется большое количество животных с травмами вымени, полученными во время борьбы за место у поилки. В дальнейшем такие животные выбраковываются. Поэтому на комплексе с продуктивностью 4 тыс. и более литров молока за лактацию необходимо использовать только открытые поилки с большим объемом воды, позволяющие животным быстро утолить жажду. Они должны иметь дополнительный подогрев воды с помощью электрической энергии. Таким требованиям отвечает отечественная поилка АГК-4А, выпускаемая еще с советских времен.

Автопоилка АГК-4 предназначена для одновременного поения четырех голов крупного рогатого скота на выгульно-кормовых площадках в любое время года. Она (рис. 32) состоит из прямоугольного корпуса *1*, выполненного из листовой оцинкованной стали, утепленного стекловолокнистой изоляцией *10*; поильной чаши *2* емкостью 60 л, клапана *4* с поплавковым механизмом *5*, поддерживающим уровень воды в чаше на заданной высоте; электронагревательного элемента *9* мощностью 1 кВт и терморегулятора *7*.

Электронагреватель смонтирован под днищем чаши и под-

ключен к сети напряжением 220 В.

Для нормальной работы автопоилки давление в водопроводе не должно быть выше 0,5 МПа. Одна автопоилка рассчитана на обслуживание 100 голов крупного рогатого скота.

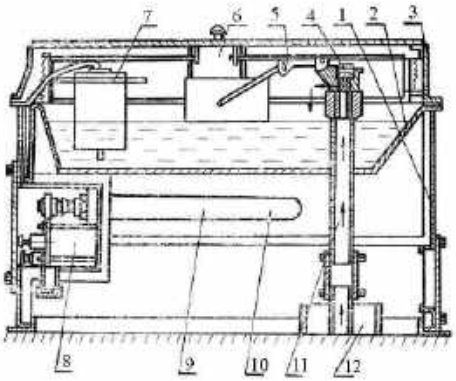


Рис. 32. Автопоилка АГК-4:
1 – корпус; 2 – поильная чаша; 3 – крышка; 4 – клапан; 5 – поплавковый механизм; 6 – разделитель; 7 – терморегулятор; 8 – блок заземления; 9 – нагреватель; 10 – изоляция; 11 – водопроводящая труба; 12 – утеплительная труба

Автопоилка групповая АГК-12 изготавливается для ферм и лагерей в двух модификациях: где имеется водопровод и где его нет. Первая модификация состоит из двух поильных корыт длиной 3 м и емкостью 270 л каждое. В одном из корыт установлен клапанный механизм, управляемый поплавком, автоматически поддерживающим уровень воды в корытах на нужной высоте. Вода к клапанному механизму подводится из водопровода. Вторая модификация (рис. 33) отличается от первой тем, что снабжена цистерной емкостью 3000 л, вода из которой самотеком поступает в корыта.

Уровень воды в корытах поддерживается автоматически при помощи вакуумного регулятора, размещенного в цистерне. Одна автопоилка обслуживает до 150 голов крупного рогатого скота.

Автопоилка передвижная ПАП-10А также предназначена для поения на пастбищах. Она состоит из цистерны емкостью 3000 л, установленной на раме с пневматическими колесами. Заправка емкости осуществляется при помощи центробежного насоса, кото-

рый приводится в работу от ВОМ трактора МТЗ.

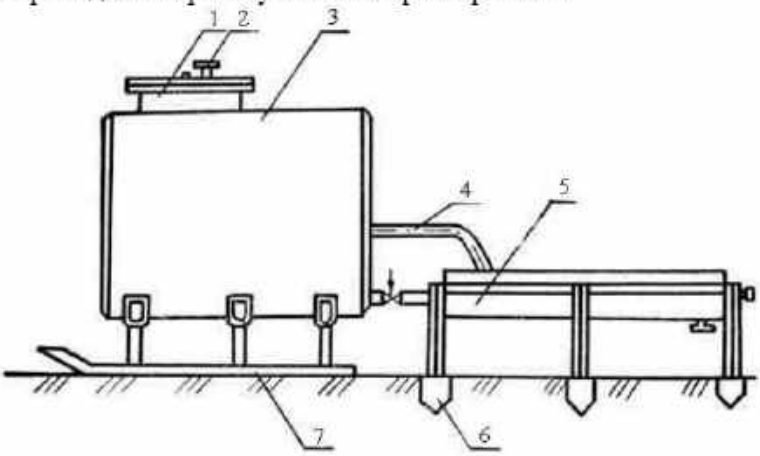


Рис. 33. Автопоилка АГК-12:
1 – горловина; 2 – крышка; 3 – цистерна; 4 – вакуумная труба;
5 – корыто, 6 – костыль

Цистерна оборудована водоводом и десятью поилками ПА-1. Центробежный насос позволяет заправлять цистерну водой из открытых водоемов и колодцев. Одна автопоилка обслуживает до 150 голов крупного рогатого скота.

Автопоилки для свиней

Автопоилка индивидуальная ПАС-2А предназначена для поения свиней, содержащихся в станках. Она имеет две поильные чаши, между которыми расположена поплавковая камера. Чаши сообщаются с поплавковой камерой через отверстия в стенках. Внутри камеры расположен поплавок с рычагом и игольчатым клапаном. Поплавковая камера закрыта съемной крышкой, а чаши снабжены откидными крышками.

При снижении уровня воды в чашах поплавок опускается, открывает клапан, и вода наполняет чаши. Как только чаши наполнятся водой, поплавок поднимается и закрывает клапан. Одна поилка устанавливается на два смежных станка.

Одночашечная самоочищающаяся поилка ПСС-1 относится к типу клапанных поилок. Предназначена для поения свиней на ферме с одновременной очисткой чаши от остатков корма и грязи,

занесенных животными при поении.

Поилка состоит из поильной чаши *1* (рис. 34) и вертикально расположенного клапанного механизма, открывающегося при нажатии на крышку *14*. Клапанный механизм состоит из стакана *6*, внутри которого помещается клапан *4*, перекрывающий изливное отверстие в седле *3* под действием амортизатора 7.

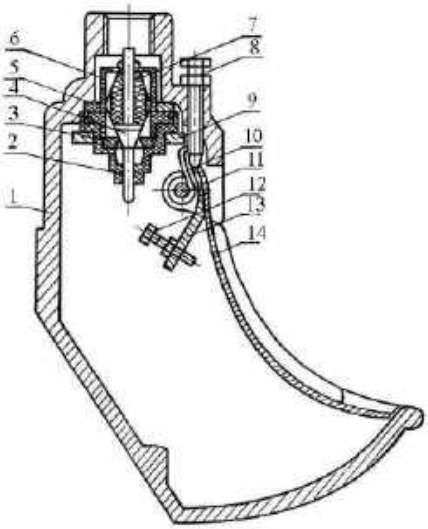


Рис. 34. Автопоилка ПСС-1:
1 – поильная чаша; 2 – крышка клапана; 3 – седло клапана; 4 – клапан; 5 – прокладка уплотнительная; 6 – стакан; 7 – амортизатор; 8 – регулировочный болт нажимного рычага; 9 – планка прижимная; 10 – пружина; 11 – ось крышки поильной чаши; 12 – регулировочный болт хода клапана; 13 – нажимной рычаг; 14 – крышка поильной чаши

Животное, нажимая на крышку, открывает ее и получает доступ к воде, находящейся в поильной чаше. Опускаясь внутрь чаши, крышка при помощи регулировочного болта *12* нажимного рычага *13* открывает клапан, и вода из водопроводной сети поступает в чашу. Когда животное напьется, оно освободит крышку, которая под действием пружины *10* возвращается в первоначальное положение, выбрасывая остаток корма наружу.

Для нормальной работы автопоилки давление в водопроводе не должно быть выше 0,4 МПа. Одна автопоилка обслуживает до

30 свиней.

Сосковые поилки ПБС-1, ПБП-1 предназначены для поения свиней и поросят как при групповом, так и при индивидуальном содержании. Поилка состоит из корпуса *2* (рис. 35), изготовленного из нержавеющей стали, соска *1*, резиновых прокладок *3* и *4*, амортизатора 5, упора *7*, клапана *6*.

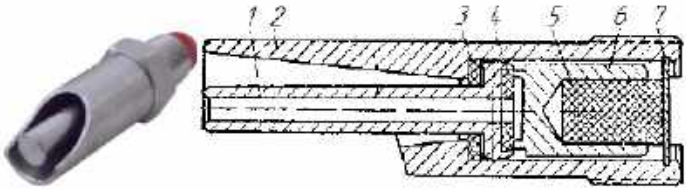


Рис. 35. Сосковая поилка ПБС-1:
1 – сосок; 2 – корпус; 3, 4 – уплотнение; 5 – амортизатор; 6 – клапан; 7 – упор

Как только животное прижмет сосок к носку корпуса, большой торец соска перекосится относительно торца клапана. Вода из магистрали через зазор между клапаном и внутренней поверхностью корпуса поступит в образующуюся при этом серповидную щель, а из нее по отверстию в соске – в рот животного. Когда животное выпускает изо рта сосок, он под действием давления воды и амортизатора возвращается в нейтральное положение и перекрывает доступ воде.

Сосковые поилки низконапорные, их подключают к водопроводу, питающемуся через промежуточный уравнительный бак, устанавливаемый выше водовода на 2 - 3 м. Одна автопоилка обслуживает до 30 свиней.

Поилка групповая АГС-24 (рис. 36) предназначена для поения свиней при групповом содержании их как в летних лагерях, так и на выгульных площадках. Рассчитана на обслуживание 500 свиней. Состоит из цистерны, двух корыт на 12 поильных мест каждое и вакуумного устройства, поддерживающего постоянный уровень воды. При эксплуатации поилки зимой ее оборудуют электроводонагревающим устройством, поддерживающим температуру воды на уровне 10 -15°С.

Цистерну, наполненную водой, герметически закрывают крышкой, затем открывают вентиль, и вода поступает в корыта до тех пор, пока уровень ее не перекроет вакуумную трубу. При снижении уровня воды воздух через вакуумную систему поступает в

цистерну и вода наполняет корыта.

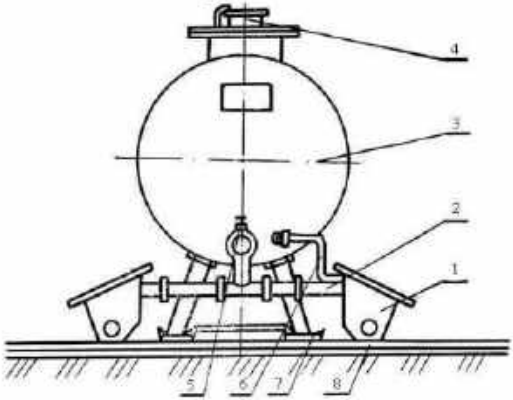


Рис. 36. Автопоилка АГС-24:
1 – корыто; 2 – водоотводящие трубы; 3 – цистерна; 4 – заливная горловина; 5 – вентиль; 6 – вакуумная труба; 7 – салазки; 8 – помост

Групповая универсальная автопоилка УАС-500 для поения поросят водой сывороткой и др. (рис. 37).

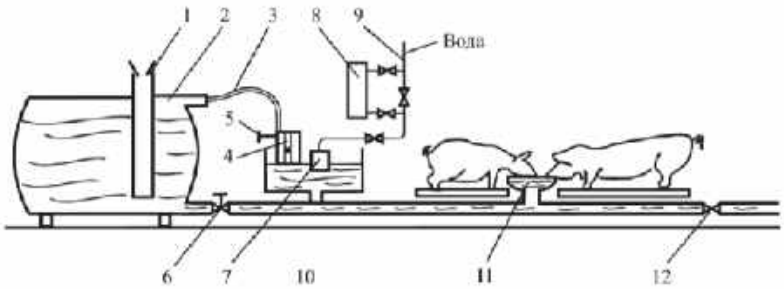


Рис. 37. Универсальная автопоилка УАС-500:
1 – сливная труба; 2 – вакуумная цистерна для жидкостией; 3 – гибкий шланг; 4 – регулятор уровня жидкости; 5 – стопор регулятора уровня жидкости; 6, 12 – краны; 7 – поплавковый регулятор уровня воды; 8 – электроводонагреватель; 9 – водопровод; 10 – трубопровод для подачи воды, сыворотки, обрата; 11 – автопоилка

Автопоилки для овец

Автопоилка ГАО-4 предназначена для поения овец в стойловый период содержания, поения овцематок при окоте, а также на

открытых площадках в летнее время.

Поилка (рис. 38) состоит из поильной чаши *2* емкостью 30 л, установленной на регулируемых стойках *1*, что позволяет изменять высоту расположения поильной чаши над уровнем пола, и клапанного механизма с поплавковым приводом для поддержания постоянного уровня воды в чаше. Автопоилку подключают к водопроводной сети или водораздатчику при помощи гибкого шланга.

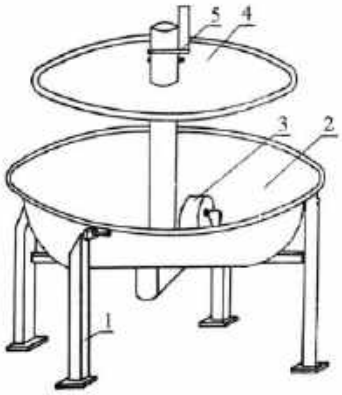


Рис. 38. Автопоилка ГАО-4:
1 – стойка; 2 – чаша; 3 – поплавок; 4 – крышка; 5 – подводящая труба

Автопоилка рассчитана на одновременное поение четырех овец и обслуживает до 200 голов.

Автопоилка групповая АС-0,2 служит для поения овцематок в сакманах в период окота. Она состоит из металлической бочки емкостью 200 л, установленной на подставке, и поильного корыта, расположенного на высоте 0,32 м от уровня пола. Бочку заправляют водой из водопровода или другими средствами через люк, закрываемый герметической крышкой. Постоянный уровень воды в поильном корыте поддерживается при помощи вакуум-регулятора.

Автопоилка АОУ-2/4 предназначена для поения овец в овчарнях и на открытых кормовых площадках при отрицательной температуре окружающей среды. В отличие от ГАО-4А автопоилка АОУ-2/4 имеет теплообменник *11* для подогретой воды и клапана автоматического слива воды *2* из чаши при отсутствии давления в водопроводной сети. Устройство автопоилки показано на рис. 39.

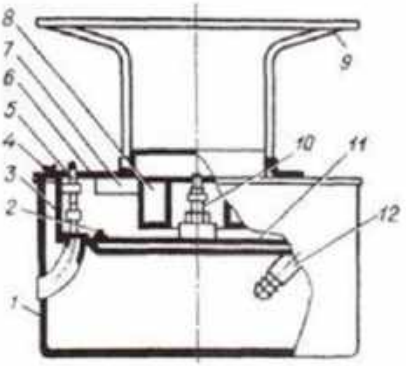


Рис. 39. Схема автопоилки АОУ-2/4:
1 – корпус; 2 – клапан автоматического слива воды; 3 – емкость; 4 – кольцо выпускного винта; 5 – выпускной винт; 6 – крышка; 7 – поильное место; 8 – поплавок; 9 – ограждения; 10 – клапанный механизм; 11 – теплообменник; 12 – штуцер

Корпус *1* цилиндрической формы, при соединении которого с поильной чашей *3* снизу образуется термостатированная стенка для теплоизоляции поильной емкости.

Автопоилка работает следующим образом. Подогретая вода под давлением из магистрали подается в полость двойного дна и через клапанный механизм заполняет чашу автопоилки. По мере наполнения водой поплавок всплывает и закрывает клапан подачи воды. В процессе потребления воды цикл повторяется. При падении же давления воды в магистрали клапан автоматического слива под действием сил упругости пружины открывается и сбрасывает воду из поильной чаши, что предотвращает ее замерзание в зимний период.

Система поения из безклапанных поилок (рис. 40) представляет собой ряд поилок, связанных с уравнительным баком и работающим по принципу сообщающихся сосудов. В состав автопоилки может входить от десяти и более поильных чаш *4*, соединенных трубопроводом *7* с баком *1*. Уравнительный бак *1* с клапаном *2* и поплавком *3* установлен на опорах. В его дно вварены штуцеры. Заданный уровень воды поддерживается поплавково-клапанным механизмом, конструкция которого позволяет осуществлять регулировку поплавка относительно коромысла. Наличие одного бака с одним поплавково-клапанным механизмом повышает надежность системы и снижает трудоемкость обслуживания.

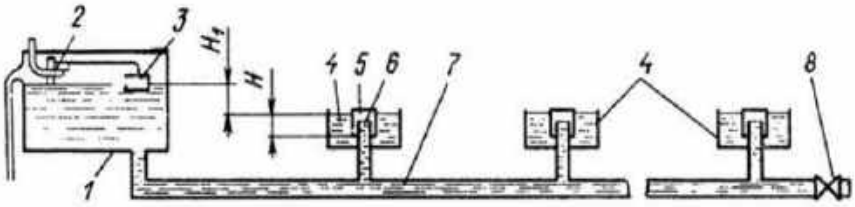


Рис. 40. Схема системы поения из безклапанных поилок:
1 – бак; 2 – клапан; 3 – поплавок; 4 – чаша поилки; 5 – стакан; 6 – питающая трубка; 7 – трубопровод; 8 – вентиль

Принцип работы автопоилки следующий. Вода из уравнительного бака *1* по трубопроводу *7* поступает в поильные чаши *4* через питающие трубки *6*, верхний уровень которых находится на определенной высоте над дном поилки. Над питающими трубками 6 установлены металлические стаканы *5*. При заполнении поилок водой пространство под стаканами остается заполненным воздухом. Эта воздушная подушка предотвращает обратное поступление воды (а вместе с ней и частиц корма) в питающие трубки.

Равновесное положение воды в системе после заполнения обеспечивается при условии, что гидравлическое давление воды в баке равно абсолютному давлению воздуха под стаканом поилки.

Практикой установлено, что число автопоилок, которые можно подключить к одному баку, не должно превышать 35 при общей длине водопроводной трубы 50 м. К одному уравнительному баку можно подключить две трубы по 50 м.

Автопоилки для птицы

Автопоилка ПВ используется для поения цыплят в возрасте от 1 до 10-15 дней. Она состоит из стеклянного или пластмассового баллона *1* емкостью 4,5 л и круглого поддона *2* с желобом *3* (рис. 41). Баллон наполняют водой, ставят на него поддон, а затем поилку поворачивают на 180° и устанавливают на пол баллоном кверху. Вода из баллона самотеком поступает в поддон, из которого цыплята пьют воду. Постоянный уровень в поддоне автоматически поддерживается вакуумом, возникающим в баллоне под действием вытекающей из него воды в поддон. Одна поилка рассчитана на обслуживание 100 цыплят.

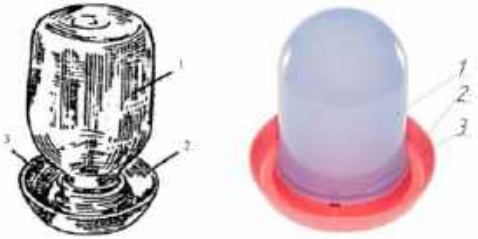


Рис. 41. Автопоилки для птицы вакуумная ПВ:
1 – баллон; 2 – поддон; 3 – желоб

Ниппельная поилка предназначена для поения птицы, содержащейся в клеточных батареях. Вода из водопровода поступает в бачок, имеющий клапанный механизм с поплавковым приводом. К бачку присоединен водовод с ниппельными поилками, установленными против каждой клетки (рис. 42).

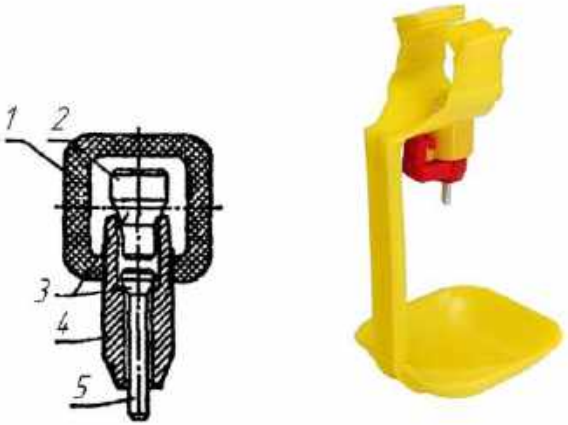


Рис. 42. Ниппельная поилка:
1 – труба; 2 – верхний клапан; 3 – фаски; 4 – корпус; 5 – нижний клапан

Поилка состоит из корпуса *4* с ввернутым в него ниппелем, в котором имеется два клапана: верхний *2* и нижний *5*. При поении птица нажимает клювом на выступающий из ниппеля конец нижнего клапана *5*, который при перемещении вверх открывает верх-

ний клапан 2, сообщающий полость ниппеля с водоводом, что вызывает появление воды в виде отдельных капель на конце стержня нижнего клапана 5. Как только птица выпьет одну каплю, на конце стержня появляется другая и т. д.

Поилка чашечная (рис. 43) предназначена для поения птицы при напольном содержании. Поилка подвешивается на нитях системы подвески и с помощью резинового шланга присоединяется к трубопроводу.

В систему поения входит бак с клапаном, служащий для снижения магистрального давления и ввода через него лекарственных препаратов.



Рис. 43. Поилка чашечная

По шлангу вода поступает в поилку, ограниченную бортиками. Под тяжестью воды колокол «проседает», перекрывая клапан, через который идет вода.

По мере «выпивания» воды птицей – вода поступает автома-

тически до полного заполнения поилки водой

Нормальный уровень воды должен составлять 20-40 мм, что достигается за счет регулировки предварительного сжатия пружины гайкой. Одна поилка обеспечивает водой 100-150 цыплят.

Приведённые конструктивные решения автопоилок для животных являются основными типами, но кроме них имеют применение и другие, аналогичные рассмотренным.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия задвижки и вентиля?
2. Объясните принцип действия регулятора давления?
3. Объясните принцип действия обратного и предохранительного клапана?
4. Где устанавливается вантуз и как осуществляется выпуск воздуха?
5. Объясните принцип действия сосковой поилки.
6. Как обеспечивается незамерзаемость водоразда точной колонки?
7. Объясните принцип действия чашечной поилки для птиц.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ТРУБ. ПРОКЛАДКА НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ. ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Цель: изучение инструмента, применяемого при заготовке труб, способов соединения и изоляции труб, порядка подготовки и проведения гидравлического испытания трубопровода.

Оборудование и инструмент: приспособления и инструмент для прижима, обрезки, гнутья труб, плакаты, манометр, гидравлический пресс.

Заготовка труб

Монтажу предшествует заготовка труб. Надо подготовить для каждого участка водопровода трубы и фасонные части нужных диаметров и, если требуется, нанести на них предохранительное покрытие. При подготовке некоторые трубы приходится обрезать, а при укладке стальных труб также и гнуть.

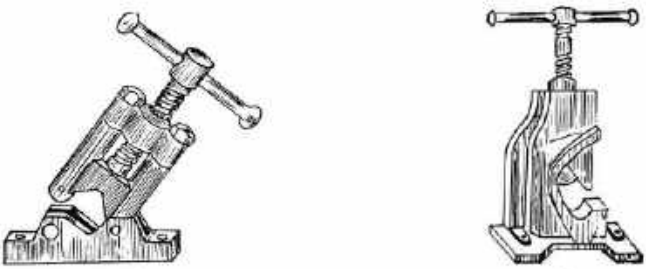
На концах стальных труб, соединяемых на муфтах, делают нарезку. Стальные и чугунные трубы перерезают труборезами, механическими пилами, угловыми шлифовальными машинами (болгарками) и ножовками. Для резки трубы труборезом ее зажи-

мают в прижиме так, чтобы место разреза было близко к прижиму. Труборез накладывают на трубу роликами на линию разреза и вращают его вполоборота вперед и назад, одновременно поворачивая рукоятку для поджима роликов до полной разрезки трубы. Если при резке трубу закрепляют в тисках, необходимо следить, чтобы труба не смялась.

На рис. 44 и 45 показаны роликовый труборез и типы прижимов, получившие наибольшее распространение в практике. Чугунные трубы допускается перерубать зубилом по предварительно намеченной на трубе линии отреза. Перерубают их на деревянных подкладках или на мешке с песком. По намеченной линии труба надрубается при постепенном ее поворачивании, после чего легкими ударами молотка обрубаемая часть трубы отламывается.



Рис. 44. Роликовый труборез



а) б)

Рис. 45. Прижимы:
а) двухколонный; б) одноколонный

Асбоцементные трубы обычно перерезают ножовками.

Резьбы на стальных трубах нарезают газовыми клуппами системы «Дуплекс». Газовые клуппы системы «Дуплекс» № 1 применяют для труб диаметром от ½″ до 2″ включительно и № 2 для

труб диаметром от 1½″ до 4″ включительно.

При нарезке трубной резьбы газовыми клуппами трубу укрепляют в прижиме так, чтобы выступающая часть трубы была короткой и не дрожала при нарезке. При этом торец трубы должен быть ровным и иметь небольшую запиленную фаску, что позволит режущим плашкам легче забирать стружку.

Самый простой клупп состоит из круглого держателя в форме рамки (рис. 46), внутри которой имеются зажимы для резцов. рамка имеет углубления для рукоятки, которой осуществляется вращение клупна. Традиционная рукоятка состоит из двух металлических стержней, позволяющих держать устройство двумя руками.



Рис. 46. Ручной клупп

Одноко такое удержание не всегда удобно. Гораздо комфортней вращать держатель одной рукой.

Трубная резьба по длине нарезки подразделяется на «короткую» и «длинную». Короткая резьба применяется для обычного соединения труб муфтами и фасонными частями.

Длинная резьба применяется при соединении труб сгонов.

При обычном соединении отдельные участки проложенной трубы нельзя разобрать без перерезки или полной разборки трубопровода.

Чтобы трубопровод можно было разобрать без перерезки труб на местах, его соединяют с помощью сгонов.

Для разборки такого соединения контргайку и муфту сгоняют по длинной резьбе и трубы в стыке разъединяются.

В табл. 16 приводятся основные размеры трубных резьб.

Таблица 16

Размеры трубной резьбы

Диаметр трубы, "	Диаметр резьбы, мм	Короткая резьба		Длинная резьба	
		длина, мм	Число ниток	длина, мм	число ниток
½"	20,96	14	8	45	25
¾"	26,44	16	9	50	28
1"	33,25	18	9	55	28
1¼"	41,31	20	9	65	28
1½"	47,81	22	10	70	30
2"	59,62	24	11	75	33
2½"	75,19	27	12	85	37
3	87,84	30	13	95	42

Стальные трубы гнут в холодном или горячем состоянии.

В холодном состоянии трубы диаметром до 1" гнут на ручном станке системы Вольнова без набивки их песком.

Станок системы Вольнова (рис. 47) состоит из подвижного ролика *5*, неподвижного ролика *3*, вилкообразного поводка *4*, рукоятки *6* и серьги *7* крепежного болта *1* и пластины *2*.

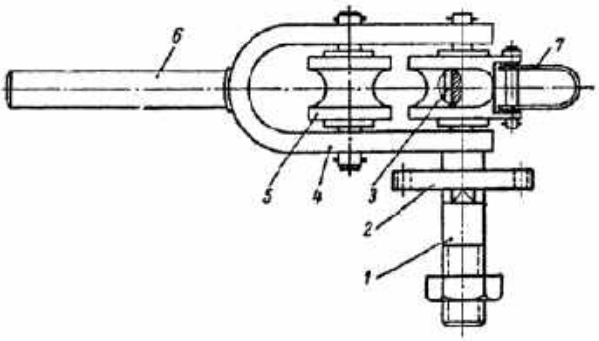


Рис. 47. Станок Вольного (для гнутья труб):
1 – болт; 2 – крепежная пластина; 3 – неподвижный ролик;
4 – вилкообразный поводок; 5 – подвижный ролик; 6 – рукоятка; 7 – серьга

Трубы гнут следующим образом: изгибаемая труба просовывается между роликами так, чтобы место изгиба находилось на неподвижном ролике, а свободный конец располагался в серьге. Когда труба установлена, ее начинают гнуть, поворачивая рукоятку по часовой стрелке на требуемый угол, следя при этом за пра-

вильностью изгиба.

При гнутье трубу располагают так, чтобы сварной шов находился сбоку.

Стальные трубы диаметром до 3″ в холодном состоянии гнут на приводных станках «Максимум», причем трубы диаметром от 2 до 3″ перед изгибанием набивают песком.

Трубы в нагретом состоянии гнут, как правило, с набивкой песком.

Для набивки труб применяется кварцевый (речной) песок. Песок должен быть сухим и иметь диаметр зерен не более 1 мм.

Наружные водопроводные сети

Для водоснабжения населённых пунктов, животноводческих и птицеводческих ферм, мастерских и т.п. сооружают наружные водопроводные сети из чугунных, стальных, асбестоцементных и полиэтиленовых труб.

Трубы, применяемые для строительства трубопроводов и сетей должны иметь достаточную прочность для восприятия суммарного напряжения от действия внутреннего давления воды, грунта и транспортной нагрузки, высокую гидравлическую гладкость внутренней поверхности, водонепроницаемые стенки, большую долговечность, минимальную стоимость. Классификация труб приведена в таблице 17.

Таблица 17

Сортамент и область применения водопроводных труб

Трубы	Условный проход D_y, мм	Область применения
1	2	3
ЧУГУННЫЕ		
Трубы чугунные напорные класса ЛА, А и Б	50…1000	Водоводы и сети на давление до 1,5 МПа, дренаж фильтров
СТАЛЬНЫЕ		
Трубы стальные водогазопроводные	6…150	Сети на давление до 3,5 МПа в сооружениях водовода
Трубы стальные бесшовные горячекатанные	25…100	Трубопроводы жидкого и газообразного хлора и крепких кислот
Трубы стальные электросварные	25…1400	Водоводы и сети в сооружениях водопровода на давление до 3,5 МПа
Трубы стальные электросварные со спиральным швом	400…1200	Водоводы и сети в сооружениях водопровода на давле-

		ние до 3,5 МПа

Окончание табл. 17

1	2	3
Трубы из нержавеющей стали электросварные	8…100	Производственное водоснабжение в реагентном хозяйстве для агрессивных растворов
Трубы бесшовные холоднотянутые и теплокатанные из нержавеющей стали	12…120	Производственное водоснабжение в реагентном хозяйстве для агрессивных растворов
Трубы стальные бесшовные обсадные	114…426	Водоразборы подземных вод
Трубы стальные бурильные	60…168	Водозаборы подземных вод
Трубы стальные, футерованные винипластом и полиэтиленом	60…150	Производственное водоснабжение
АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫЕ		
Трубы асбестоцементные водопроводные марок ВТ6, ВТ9, ВТ12	100…500	Водоводы и сети на давление до 1,2 МПа
Трубы асбестоцементные безнапорные	100…400	Безнапорные трубопроводы оборотных систем водоснабжения
ПЛАСТМАССОВЫЕ		
Трубы напорные из полиэтилена	10…600	В агрессивной среде, сети с/х и поселковых водопроводов на давление до 1 МПа
Трубы винипластовые	6…150	В реагентном хозяйстве для подачи растворов кислот, щелочей и солей на давление до 0,6 МПа
Трубы из стекловолокна	27…300	Трубопроводы, транспортирующие агрессивные кислотные жидкости и морскую воду на давление до 0,6 МПа
Трубы из фторопласта	50…4000	Трубопроводы, транспортирующие агрессивные жидкости на давление до 0,5 МПа
Трубы полипропиленовые	10…1100	В агрессивной среде, сети с/х и поселковых водопроводов на давление до 2,5 МПа и температуру до +95 °С.

Основные условия качества устройства наружных водопроводных сетей: предохранение трубопроводов от замерзания и просадок, герметичность стыковых соединений, правильное размещение и установка водопроводной арматуры.

Для предохранения воды от замерзания зимой и чрезмерного нагревания летом, а также для предохранения труб от механических повреждений наружные водопроводные сети прокладывают в грунте в земляных траншеях. В зависимости от характера грунта траншеи могут быть следующих типов: с отвесными стенками, с откосами и смешанного типа (низ траншеи – с отвесными стенками, а верх – с откосами). Согласно СНиП, в грунтах естественной влажности траншеи можно прокладывать с отвесными стенками без креплений на глубину: в песчаных и гравелистых грунтах не более 1 м, в супесях не более 1,35 м, в суглинках и глинах не более 1,5 м, в особо плотных наскальных грунтах не более 2 м. В условиях, отличающихся от указанных, траншеи следует устраивать либо с откосами без креплений, либо с отвесными стенками, закрепленными на всю высоту.

Ширину траншеи понизу для чугунных и стальных труб принимают равной диаметру прокладываемой трубы плюс 0,6 м, для асбоцементных труб ее увеличивают на 0,1 - 0,2 м. Глубина траншеи зависит от глубины промерзания грунта и должна быть такой, чтобы верх трубы находился на 0,2 м ниже линии промерзания грунта в данной местности.

Чтобы исключить нагревание воды летом в южных районах, глубину заложения трубопроводов принимают не менее 0,5 м, считая от верха трубы. При отсутствии точных данных среднюю глубину укладки труб от поверхности земли до верха трубы принимают: для северных районов от 2,6 до 3,5 м, для центральных районов от 2,2 до 2,7, для южных районов от 1 до 1,5 м.

Для механизации рытья траншей используют экскаваторы разных марок, которые могут разрабатывать траншеи шириной от 0,8 до 1,8 м и глубиной до 3,5 м. Чаще всего для этих целей используют экскаваторы, оборудованные обратной лопатой. Эти экскаваторы, передвигаясь во время работы вдоль траншеи, разрабатывают и укладывают вынимаемый грунт в отвал с одной стороны траншеи, оставляя другую сторону свободной для подвозки и раскладки вдоль ее бровки труб и материалов, необходимых для монтажных работ.

Водопроводные трубы следует укладывать после окончания рытья и подготовки траншеи под укладку. При подготовке дно траншеи следует выровнять в соответствии с указанными в проекте уклонами так, чтобы трубы плотно прилегали к нему всей

длиной. Под стыками устраивают приямки, которые после заделки стыков должны быть плотно подбиты грунтом.

Неровности дна и пустоты под трубопроводом могут вызвать осадку трубы и расстройство стыковых соединений, поэтому на подготовку дна траншеи следует обращать особое внимание. Если траншея выбрана на излишнюю глубину, нужно подсыпать песок или щебень до проектной отметки и подсыпку хорошо утрамбовать.

Наружные водопроводные сети обычно укладывают с уклоном не менее 0,001 по направлениям к выпускам, устраиваемым в пониженных местах трубопроводов и служащих для их опорожнения при ремонте и промывке.

Во всех грунтах, за исключением скальных и разжиженных (плывуны, болотистые), водопроводные трубы укладывают на естественное дно траншеи. В скальных грунтах трубы укладывают на песчаную подушку толщиной не менее 15 см, а в болотистых и других разжиженных грунтах – на специальном искусственном основании.

При прокладке наружных водопроводных сетей необходимо соблюдать следующие требования. При пересечении водопроводных линий с канализационными трубами водопроводные линии необходимо укладывать не менее чем на 0,4 м выше канализационных. При параллельной прокладке водопроводного и канализационного трубопроводов на одном уровне расстояние между стенками трубопроводов должно быть не менее 1,5 м.

Монтаж чугунных трубопроводов. Подлежащие монтажу трубы раскладывают вдоль траншеи на расстоянии 1-2 м от ее края, направляя раструбы так, чтобы трубы опускать в траншею без дополнительных поворотов. Для облегчения монтажных работ раструбы независимо от направления движения воды по трубопроводу должны быть обращены в сторону более высоких отметок дна траншеи. Трубы диаметром до 200 мм можно опускать в траншею вручную на канатах, обвязанных у концов трубы; трубы большого диаметра опускают при помощи грузоподъемных средств. Перед опусканием каждую трубу простукивают молотком массой порядка 0,5 кг: трубы, издающие дребезжащий звук, отбраковывают, так как в них имеются явные или скрытые трещины.

Трубы начинают укладывать с пониженных участков. При укладке трубы на заранее подготовленное дно траншеи с приямком для заделки стыка гладкий конец укладываемой трубы заводят

в раструб ранее уложенной трубы и центрируют. Центрирование необходимо для предупреждения образования в стыках уступов, создающих значительные местные сопротивления для движения воды. Чтобы концы труб не разрушались при температурных деформациях трубопроводов, сопрягать стыки нужно так, чтобы торец гладкого конца не доходил до внутренней полки раструба на 3-3,5 мм (рис. 48) при диаметре труб до 250 мм и на 4-6 мм при диаметре до 500 мм.

После проверки точности центровки и положения по заданному направлению и уклону трубу закрепляют, подсыпав и уплотнив грунт с обеих сторон, на высоту не менее 0,5 ее диаметра, а затем приступают к заделке стыка. Для герметизации стыка кольцевое пространство между гладким концом трубы, введенной в раструб, и внутренней поверхностью раструба сначала законопачивают тремя жгутами: двумя из просмоленной и одним из белой не просмоленной пеньковой пряди. Толщина жгута должна быть несколько больше ширины раструбной щели; концы жгутов должны перекрываться внахлестку на 10 - 15 мм.

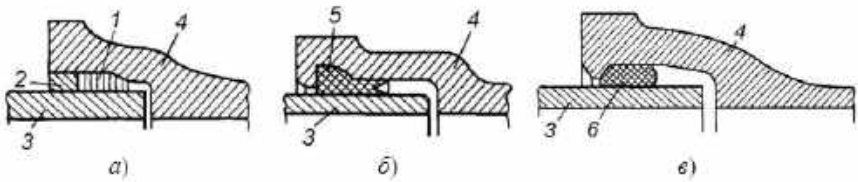


Рис. 48. Соединение чугунных труб:
а – под зачеканку; *б* – с резиновой манжетой; *в* – с резиновым кольцом;
1 – просмоленная прядь; *2* – асбестоцемент; *3* – гладкий конец, *4* – раструб;
5 – резиновая уплотнительная манжета; 6 – резиновое кольцо

В кольцевом зазоре прядь уплотняют конопаткой сначала рукой, а затем молотком. При конопатке необходимо следить, чтобы не перерубить прядь и чтобы от ее концов не получились местами утолщения.

При соединении труб диаметром до 300 мм уплотненная в раструбе прядь не должна доходить до наружного конца раструба на 25-30 мм, а при трубах диаметром до 700 мм – на 30-35 мм; оставшуюся часть раструбного стыка заделывают водонепроницаемым уплотняющим материалом.. В качестве уплотняющего

материала для заделки стыков чугунных раструбных труб применяют цемент или асбоцемент, а в сейсмических районах – свинец.

При заделке стыков чугунных раструбных труб вместо пеньковой пряди применяют также резиновые кольца, используемые для герметизации стыков асбоцементных труб. В этом случае на гладкие концы чугунных труб надевают резиновые кольца, после чего трубы центрируют и вводят в раструб. При вводе в раструб резиновые кольца проталкивают на нужную глубину тупыми конопатками. Оставшееся с внешней стороны свободное пространство раструбной щели заделывают цементным или асбоцементным раствором.

Для заливки стыка расплавленным свинцом обычно пользуются глиняной формой, которую делают следующим образом. По краю раструба вокруг гладкого конца трубы укладывают кольцом веревку (по диаметру равную ширине кольцевого зазора раструба) и оставляют свободный конец длиной 20 - 25 см. Сверху веревки кольцо раструба обмазывают слоем жирной глины, после чего веревку выдергивают за свободный конец. Тогда между глиной и прядью остается кольцевой канал с отверстием вверху. Рядом с этим отверстием делают второе отверстие: первое служит для заливки канала свинцом (литник), а второе – для выхода газов, образующихся при заливке. После того как глиняная форма высохнет, в литник за один прием наливают расплавленный свинец. После заливки глину снимают, а свинец плотно зачеканивают.

Монтаж асбоцементных трубопроводов. Соединяют трубы на асбоцементных муфтах в следующем порядке: муфту надвигают на конец прежде уложенной трубы в таком положении, чтобы более широкий ее конец с рабочим буртом был обращен в сторону стыка. Затем на концы соединяемых труб надевают два резиновых кольца: одно на расстоянии 110 - 120 мм от конца ранее уложенной трубы, а второе в 10 - 15 мм от конца на укладываемой трубе (рис. 49). Чтобы кольца при монтаже не скользили, влажные концы труб протирают сухой тряпкой или концами и осушают сухим цементом или мелом. Затем присоединяемую трубу придвигают к ранее уложенной и центрируют так, чтобы концы соединяемых труб совмещались по окружности, а зазор между ними был примерно 10 мм.

Для определения правильного положения резиновых колец перед монтажом и положения муфты после установки ее на место

на концах соединяемых труб делают карандашом разметку соединения. Первую отметку делают на расстоянии 0,7 длины муфты на конце трубы, на которую надета муфта. На этой отметке следует помещать резиновое кольцо перед установкой муфты на сопрягаемый стык.

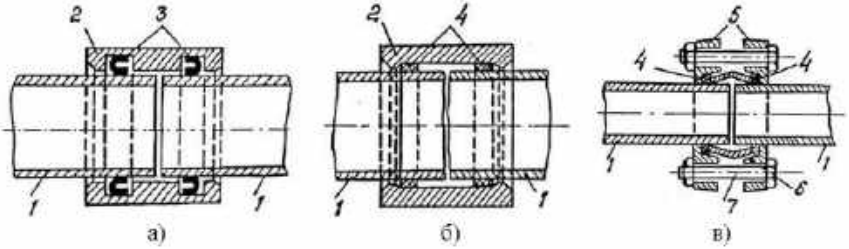


Рис. 49. Стыковые соединения асбоцементных труб:
а) асбестоцементной муфтой САМ; б) при помощи двухбортной муфты;
в) чугунной фланцевой муфтой: 1 – асбестоцементные трубы;
2 – асбестоцементная муфта; 3 – резиновые манжеты;
4 – резиновые кольца; 5 – фланцы; 6 – втулка; 7 – болт

Затем на концах каждой из соединяемых труб на одинаковом расстоянии от концов, равном 0,5 длины муфты плюс 5 мм, делают еще по одной отметке, по которым определяют правильность установки муфты после монтажа. Чтобы избежать ошибок и ускорить работу, при разметке рекомендуется пользоваться шаблоном.

После окончания разметки муфту натягивают на сопрягаемый стык при помощи винтовых или рычажных домкратов, которые закрепляют на присоединяемой трубе на таком расстоянии, чтобы натяжными лапками можно было захватить край муфты. Натягивают муфту до тех пор, пока она не займет положения, при котором ее края будут находиться на одинаковом расстоянии от карандашных отметок (0,5 длины муфты плюс 5 мм), сделанных на концах соединяемых труб. При правильном соединении стыка резиновые кольца должны располагаться от краев муфты на одинаковом расстоянии по всему периметру; со стороны рабочего бурта кольцо должно отстоять от него на 10 - 12 мм, а со стороны противоположного бурта - в непосредственной близости от него.

Чтобы предохранить резиновые кольца от выдавливания при воздействии на них гидравлического давления, кольцевые выемки

при входе труб в муфту со стороны рабочего бурта заделывают цементным раствором (1:1 или 1:2).

Монтаж стальных трубопроводов. Наружную водопроводную сеть, как правило, монтируют при помощи электродуговой сварки.

Перед сваркой кромки труб очищают стальными щетками от ржавчины и грязи и укладывают вдоль траншеи или над ней на деревянные или металлические лежки, надежно опирающиеся в последнем случае своими концами на края траншеи. Затем стык труб при помощи хомутов или зажимов точно центрируют и прихватывают сваркой в трех-четырех местах по окружности стыка. При центровке необходимо следить за тем, чтобы зазор между кромками свариваемых труб с толщиной стенок до 4 мм был в пределах 1 мм и с толщиной стенок до 6 мм – в пределах 1,5 мм. После этого стык сваривают поворотной сваркой, т. е. сначала верхнюю половину, а затем, после поворота труб на 180°, вторую половину.

Размещенные вдоль траншеи трубы сваривают секциями из нескольких труб общей длиной 60 - 100 м. Длину секций выбирают с таким расчетом, чтобы при сварке стыков секцию можно было поворачивать на лежках. После опускания секций в траншею замыкающие монтажные стыки сваривают неповоротной сваркой. Для удобства сварки замыкающих стыков в месте их расположения в траншее дополнительно вырывают боковые приямки, которые после окончания работ засыпают грунтом.

В местах установки фланцевой арматуры стальные трубы соединяют на фланцах. Плоскости фланцев должны быть строго перпендикулярны осям труб и взаимно параллельны.

Чтобы предохранить стальные трубопроводы от ржавления, используют различного рода предохранительные покрытия. Наибольшее распространение получили горячие битумные защитные покрытия. В зависимости от коррозийной активности грунтов по отношению к стальным трубам применяют нормальное, усиленное и весьма усиленное покрытие.

Нормальное покрытие состоит из грунтовки и двух слоев битумной мастики; усиленное - из грунтовки, двух слоев битумной мастики, одного слоя гидролиза и еще двух слоев битумной мастики; весьма усиленное - с добавлением еще одного слоя гидролиза и двух слоев битумной мастики. Для грунтовки битум растворяют в бензине, и полученный раствор наносят на трубу

тонким слоем. Толщина каждого слоя битумной мастики должна быть не менее 1,25 - 1,5 мм. Для предохранения поверхности изоляционного покрытия от повреждений при укладке труб в щебенистых или тяжелых суглинистых грунтах трубы обертывают еще слоем особо прочной бумаги, называемой крафт-бумагой.

Наряду с горячим битумным покрытием применяют также холодное изоляционное покрытие пластичной полиэтиленовой лентой, обертываемой по спирали вокруг трубы после ее очистки.

Монтаж полиэтиленовых трубопроводов. Существуют три типа соединений:

1. неразъёмные (т.е. сварные);
2. разъёмные (резьбовые);
3. условно-неразъёмные, т.е. ниппельные.

Трубы из полиэтилена и винипласта соединяются между собой сваркой, которую проводят в потоке горячим воздухом при температуре 200…220°С специальной горелкой. На конце одной из соединяемых труб снимают фаску под углом 10°, а на конце другой – под 45° и длиной равной 0,2 м трубы. В нагретый до 140° конец винипластовой трубы и до 250…300°С полиэтиленовой трубы быстро, избегая круговых движений вставляют конец трубы, имеющей фаску под углом 10°. Для увеличения прочности соединения конец трубы со снятой фаской промазывают слоем смолы. Практика показала, что контактная сварка этих труб наиболее простая, прочная и надёжная. Типы соединения полиэтиленовых труб показаны на рис. 50.

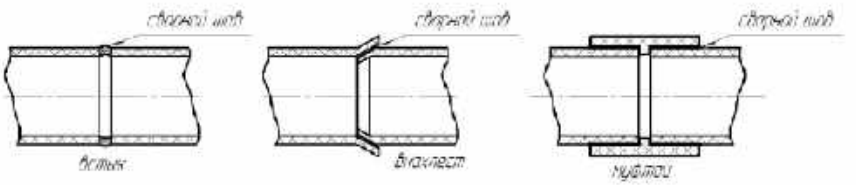


Рис. 50. Соединения полиэтиленовых труб

Для устройства на трубопроводах поворотов, ответвлений, переходов от одного диаметра к другому, а также для установки на трубопроводах арматуры используют различные соединительные части: тройники для соединения двух трубопроводов, пересекающихся под углом; крестовины – для соединения под прямым углом

трёх или четырёх трубопроводов; колено – для изменения направления трубопровода под прямым углом; отводы – для поворота линии водопровода на 45°, 30°, 15°, 10°; муфтами – для соединения прямых участков труб одинаковых диаметров; выпуски – для выпуска воды из трубопровода при прочистке или ремонте.

Полиэтиленовые трубы выпускают из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и полиэтилена высокой плотности (ПВП) на давление от 0,25 МПа до 1,0 МПа. Длина труб от 6 до 12 м. Трубы малого диаметра (до 50 мм) выпускаются большой длины, свёрнутыми в бухты.

Водопроводные колодцы устраивают на границах ремонтных участков, на поворотах и пересечениях трубопроводов, а также на ответвлениях от главных магистралей. В водопроводных колодцах размещают задвижки, служащие для регулирования распределения расходов воды по водопроводной сети и отключения отдельных участков сети на время ремонта. В повышенных точках трубопроводов в колодцах устанавливают воздушные вантузы с запорными кранами для их отключения на случай ремонта, а в пониженных - выпуска для спуска воды при промывке или опорожнении трубопровода. Пожарные гидранты следует устанавливать в отдельных колодцах на расстоянии 80 - 100 м друг от друга; расстояние от здания до пожарного гидранта должно быть не менее 5 м для каменных и 10 м для деревянных строений. Водоразборные колонки размещают, исходя из радиуса действия колонок на расстоянии не более 100 м друг от друга. Для установки водоразборных колонок выбирают возвышенные места. На глинистых и суглинистых грунтах вокруг колонки насыпают слой песка.

Приемка выполненных работ и испытание трубопроводов водоснабжения

Принимать работу и испытывать трубопровод необходимо в соответствии с Техническими указаниями на производство и приемку работ по устройству наружных трубопроводов водоснабжения и канализации. При приемке трубопроводов нужно представить проектную документацию, изменения, внесенные в проект; паспорта на оборудование, арматуру и материалы; журналы сварочных и изоляционных работ; акты на скрытые работы; акты испытания трубопроводов на прочность и плотность; акты на промывку и санитарную обработку трубопровода.

Прочность трубопровода проверяют, создавая внутреннее давление, которое принимается равным:

а) для стальных трубопроводов – рабочему давлению (установленному проектом), умноженному на коэффициент 1,25; но не менее 1,0 МПа. Превышение испытуемого давления над рабочим должно быть не менее 500 кПа;

б) для чугунных трубопроводов испытательное давление равняется рабочему плюс 500 кПа;

в) для асбоцементных трубопроводов испытательное давлении равно рабочему (свыше 600 кПа) плюс 300 кПа;

г) для асбоцементных трубопроводов с рабочим давлением до 600 кПа испытательное давление равно рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5;

д) для железобетонных трубопроводов испытательное давлении равно рабочему давлению плюс 300 кПа;

е) для подводных трубопроводов испытательное давление принимается равным двойному рабочему давлению, но не менее 1,2 МПа.

Рабочее давление равно максимальному давлению, установленному проектом для самой пониженной точки испытываемого участка трубопровода, длину которого рекомендуется принимать не более 1 км.

Испытания трубопроводов должны проводиться без гидрантов, предохранительных клапанов и вантузов, взамен которых на период испытаний устанавливают заглушки.

Задвижки на испытательном участке водопровода должны быть полностью открыты. Запрещается применять задвижки для отключения испытуемого участка водопровода от действующей системы. В этих случаях устанавливают глухие фланцы или заглушки.

Герметичность трубопровода проверяют по предварительному испытанию (стыки и узлы не засыпаны землей) – тщательным внешним осмотром трубопровода, находящегося под внутренним давлением и по окончательному испытанию, определяя утечки при гидравлическом испытании или величину падения давления при пневматическом испытании.

Продолжительность предварительного испытания трубопроводов должна быть не менее 10 мин., после чего давление снижают до рабочего и осматривают трубопровод.

Если при испытательном давлении не произошло разрыва труб и фасонных частей, а в заделке стыковых соединений не обнаружено нарушений и если при рабочем давлении не будет обнаружено утечки воды, то можно считать, что трубопровод выдержал предварительные испытания.

Окончательное гидравлическое испытание трубопровода разрешается начинать не ранее чем через 24 часа после засыпки траншей грунтом и заполнения трубопровода водой.

Следует отметить, что в водопроводах всегда бывает утечка воды. Существуют нормы допустимой утечки для различных трубопроводов, приведенные в таблице 18.

В соответствии с Техническими указаниями СН-174-87 разрешается не производить специального определения величины утечек воды, если при испытании трубопровод полностью доступен осмотру в рабочем состоянии и испытательное давление трубопроводов диаметром 200 мм и менее падает в течение 10 мин. не более чем на 50 кПа.

Таблица 18

Допускаемые величины утечки из напорных трубопроводов, л/мин

Внутренний диаметр, мм	Допустимая утечка на участке трубы длиной 1 км		
	стальные	чугунные	асбоцементные
100	0,28	0,70	1,40
125	0,35	0,90	1,56
150	6,42	1,05	1,72
200	0,56	1,40	1,98
250	0,70	1,55	2,22
300	0,85	1,70	2,42
350	0,90	1,80	2,62
400	1,00	1,95	2,80
450	1,05	2,10	2,96

После окончания гидравлических испытаний трубопровод необходимо промыть, а затем продезинфицировать. Скорость течения воды в трубопроводе при промывке должна быть не менее 1 м/с. Промывают трубопровод до исчезновения в воде мути и других примесей.

Для дезинфекции трубопровод заполняют водой, содержащей раствор хлорной извести (не менее 40 мг активного хлора на 1 л воды). Хлорная вода должна находиться в трубопроводе не менее 24 часов. Количество остаточного хлора в воде по окончании хлорирования должно быть не менее 1 мг/л.

После окончания дезинфекции хлорная вода спускается, и трубопровод вторично промывают, отбирая пробы воды (в конце промывки) для лабораторного исследования.

Учитывая, что хлорная вода вредна для животных и растений, сбрасывать ее из трубопроводов необходимо в специально подготовленные ямы (шурфы, колодцы) или в места, где эта вода не оказывает вредного влияния. Нельзя сбрасывать хлорную воду в водоемы, используемые для разведения рыбы или водопоя скота; хлорная вода не должна заливать или затоплять огороды, поля, сады.

После дезинфекции и промывки следует пробная эксплуатация, во время которой проверяют исправность действия арматуры, установленной на водопроводной сети. Пробная эксплуатация длится не менее 2 суток. Если в течение этого времени не будет обнаружено никаких дефектов, то водопровод подлежит приемке.

Контрольные вопросы

1. Какой инструмент используется для обрезки чугунных труб?
2. Назначение сгонового резьбового конца.
3. Чем отличается процесс нарезки резьбы клуппом от нарезки плашкой?
4. На какое давление испытываются трубопроводы?
5. При каких условиях вы примете трубопровод от строителей на баланс хозяйства?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кордон, М. Я. Гидравлика : учебное пособие / М. Я. Кордон, В. И. Симакин, И. Д. Горешник. – Пенза : ТГУ, 2005 – 71 с. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/862/36862/13875

2. Гидравликам: учебное пособие / Г.С. Бухвалов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2016. – 174 с. – Режим доступа: https://lib.rucont.ru/efd/543435

3. Бухвалов, Г.С. Гидравлические машины: учебное пособие / Г.С. Бухвалов, П.М. Карпов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. –177 с.

4. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод : учебное пособие / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко [и др.]. – М. : Изд. Центр «Академия», 2008. – 336 с.

5. Кудинов, В.А. Гидравлика : учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – М. : Высшая школа, 2007. – 180 с.

6. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник / Д. В. Штеренлихт. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 656 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64346

7. Сабашвили, Р.Г. Гидравлика, гидравлические машины и водоснабжение сельского хозяйства : учебное пособие / Р.Г. Сабашвили. – М. : Колос, 1997. – 179 с.

8. Ловкис, З.В. Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / З.В. Ловкис, В.Е. Бердышев. – М. : Колос, 1995. – 303 с.

9. Палишкин, А.Н. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение : учебное пособие / А.Н. Палишкин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 351 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельный вес и плотность жидкости при $t = +20°C$

Жидкость	Удельный вес γ, Н/м^3	Плотность ρ, кг/м^3
Автомобильный бензин	6990-7470	712-761
Морская вода	10010-10090	1002-1029
Пресная вода	9790	998
Дизельное топливо	8150-8450	831-861
Керосин	7770-8240	792-840
Масло АК-11	9070-9120	925-930
Компрессорное масло	8820-9060	899-924
Трансформаторное масло	8700	887
Нефть	8340-9320	850-950
Этиловый спирт	7740	789

Приложение 2

Изменение кинематической вязкости воды
в зависимости от температуры

t,°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\nu \times 10^8$ м^2/с	179	131	101	80	66	56	48	41	37	33	28

Приложение 3

Динамическая и кинематическая вязкость при t=+20 °C
для некоторых жидкостей

Жидкость	Динамическая вязкость μ, Па×с	Кинематическая вязкость $\nu \times 10^4$,м^2/с
Бензин (при t=+15°C)	0,0006	0,0083
Пресная вода	0,001	0,010
Глицерин	0,512	4,1
Керосин (при t=+15°C)	0,0016	0,02
Касторовое масло	0,972	10,02
Минеральное масло	0,0275-1,25	0,313-14,5
Нефть (при t=+15°C)	0,007	0,081
Ртуть	0,0015	0,0011
Спирт этиловый	0,00119	0,0151

Приложение 4

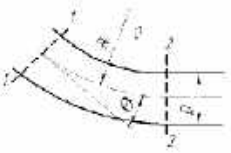
Шероховатость стенок труб

Трубы	Шероховатость Δ, мм
Стальные цельнотянутые (новые)	0,02-0,05
Те же (бывшие в эксплуатации)	015-0,30
Стальные сварные (новые)	0,04-0,1
Чугунные (новые)	0,25-1
Чугунные и стальные (бывшие в эксплуатации)	0,8-1,5
Асбестоцементные (новые)	0,05-0,1
Те же (бывшие в эксплуатации)	0,6
Бетонные и железобетонные	0,3-0,8
Стеклянные	0,0015-0,010

Приложение 5

Коэффициенты местных сопротивлений:

а) плавный поворот трубы на угол Θ:

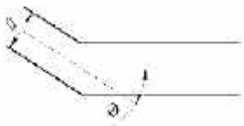


$$\xi_{пл.пов} = \xi(\Theta/90)$$

$D/(2R_0)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

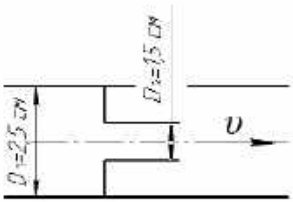
б) резкий поворот трубы на угол Θ:

$$\xi_{рез.пов} = A \times B$$



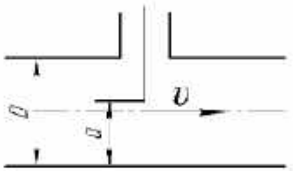
Θ, град.	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
A	0	2,50	2,22	1,87	1,50	1,28	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Θ, град.	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
B	0	0,05	0,07	0,17	0,37	0,63	0,99	1,56	2,16	2,67	3,00

в) диафрагма



S_2/S_1	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\xi_{диафр}$	1070	245	51	18,4	8,2	4,0	2,0	0,97	0,41	0,13	0

г) простая задвижка на круглой трубе



a/D	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\xi_{задв}$	-	35,0	10,0	4,60	2,60	0,98	0,44	0,17	0,06

д) дисковый (дроссельный) затвор,
перекрывающий круглую цилиндрическую трубу



Θ	5	10	20	30	40	50	60	70	75
$\xi_{др}$	-	0,52	1,54	4,50	11,0	29,0	108	625	-

е) обратный клапан

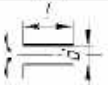
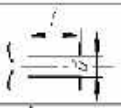
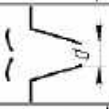
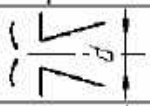
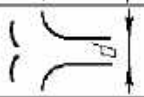
D, мм	40	70	100	200	300	500	750
$\xi_{обр.кл}$	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5	2,9

ж) всасывающий клапан с сеткой

D, мм	40	70	100	200	300	500	750
$\xi_{вс.кл}$	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5	2,9

Приложение 6

Значение коэффициентов
при истечении жидкости через отверстия и насадки

Вид отверстия или насадка	Схема	Коэффициенты			
		ε	φ	μ	ξ
Отверстие в тонкой стенке		0,62-0,64	0,97	0,60-0,62	0,06
Внешний цилиндрический насадок ($l \geq 3d$)		1,0	0,82	0,82	0,50
Внутренний цилиндрический насадок ($l \geq 3d$)		1	0,71	0,71	-
Конический сходящийся насадок		0,985	0,96	0,945	0,08
Конический расходящийся насадок		1	0,475	0,475	-
Коноидальный насадок		1	0,97-0,98	0,97-0,98	0,06

Приложение 7

Значение коэффициента шероховатости стенок каналов

Характеристика поверхности	Коэффициент шероховатости n
Естественный грунт	0,025
Скальный грунт	0,040
Деревянные лотки	0,013
Бетонные облицовки, лотки, трубы	0,014
Каменная облицовка	0,025
Кирпичная кладка	0,015

Приложение 8

Допустимые по условиям прочности стенок канала
скорости движения воды (м/с):

в земляных каналах	1,0-1,5
в каналах с булыжной облицовкой	2,5-4,0
в каналах с бетонной облицовкой	до 10
в деревянных лотках	до 20

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Общие указания по выполнению лабораторных работ 4

Лабораторная работа № 1. Определение давления и напора с помощью различных приборов 5

Лабораторная работа № 2. Исследование режимов движения жидкости 11

Лабораторная работа № 3. Исследование уравнения Д. Бернулли 15

Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента сопротивления трения по длине трубы 18

Лабораторная работа № 5. Определение коэффициентов местных сопротивлений 22

Лабораторная работа № 6. Определение расхода жидкости по водомеру Вентури 26

Лабораторная работа № 7. Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном напоре 29

Лабораторная работа № 8. Автоматическая безбашенная установка ВУ-5-30 35

Лабораторная работа № 9. Водоструйная установка ВН-2Ц-6.. 45

Лабораторная работа № 10. Погружные насосы для водоснабжения 51

Лабораторная работа №11. Параметрические испытания центробежной насосной установки 71

Лабораторная работа № 12. Водопроводная арматура 76

Лабораторная работа № 13. Оборудование для заготовки труб. Прокладка наружных водопроводных сетей. Испытание трубопроводов 99

Рекомендуемая литература 116

Приложения 117

Учебное издание

Составители:

Денисов Сергей Владимирович
Мишанин Александр Леонидович
Киров Юрий Александрович
Бухвалов Геннадий Сергеевич

ГИДРАВЛИКА

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 29.04.2020. г. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 7,10; печ. л. 7,63
Тираж 50 Заказ № 64.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская обл., пос. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: 8 939 754 04 89, доб 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

ТЕПЛОТЕХНИКА

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 621.1 (07)
ББК 40.77 р
Т34

Т34 Теплотехника : методические указания / сост. Г.И. Болдашев, А.П. Быченин, О.Н. Черников. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 85 с.

Методические указания содержат теоретические сведения по технической термодинамике, теплопередаче и применению теплоты в сельском хозяйстве. Даны описания экспериментальных установок, порядок выполнения лабораторных работ и обработки опытных данных.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлениям 35.03.06 Агроинженерия, профили «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК», «Электрооборудование и электротехнологии», и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Болдашев Г.И., Быченин А.П.,
Черников ОН., составление. 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теплотехника является общетехнической дисциплиной, которая занимает одно из центральных мест в инженерной подготовке специалистов. Это обусловлено тем, что процессы получения, переноса и использования теплоты имеют место практически во всех теплотехнических устройствах и технологических процессах современной техники.

Огромное количество теплоты расходуется на отопление и вентиляцию, на обеспечение необходимых параметров микроклимата в животноводческих помещений, хранилищах и сооружениях защищённого грунта, на сушку сельскохозяйственной продукции, приготовление кормов, получение искусственного холода и другие цели.

В связи с этим особое значение при подготовке инженерных кадров для сельского хозяйства приобретает курс «Теплотехника», изучаемый на инженерных факультетах сельскохозяйственных высших учебных заведениях.

Цель методических указаний – ознакомить студентов с методикой проведения лабораторных работ, предусмотренных программой курса.

Лабораторные работы способствуют закреплению теоретических знаний по разделам: техническая термодинамика, теория тепло- и массообмена, теплосиловые установки, основы холодильной техники, отопление помещений.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Студент должен быть теоретически подготовлен к выполнению каждой лабораторной работы, изучив соответствующий материал по конспектам лекций и методическим указаниям, иметь ясное представление о цели и задачах работы, о необходимых условиях, обеспечивающих получение достоверных и точных результатов.

2. Перед началом проведения опыта преподаватель выясняет степень теоретической подготовки студентов по теме работы.

3. Студенты проводят все необходимые операции, предшествующие пуску установки, и включают её только после разрешения преподавателя или лаборанта, проверившего правильность выполнения подготовительной работы.

4. Экспериментальная часть работы считается законченной, и разрешается выключить установку только после проверки преподавателем результатов испытания. Если результаты какого-то опыта явно не соответствуют остальным, следует выявить причины несоответствия и при необходимости повторить этот опыт.

5. После выключения лабораторной установки рабочее место приводится в первоначальное состояние.

6. На занятии студент сдает отчёт преподавателю и только после этого допускается к выполнению следующей лабораторной работы.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕПЛОТЕХНИКЕ

1. Студент имеет право приступить к работе в лаборатории после ознакомления с правилами техники безопасности и инструктажа от преподавателя на рабочем месте.

2. Не разрешается включать лабораторную установку без разрешения преподавателя или в его отсутствие.

3. До начала испытаний необходимо провести наружный осмотр лабораторной установки и убедиться в её исправности.

4. При включении стендов студент обязан:

- убедиться, что никто не касается деталей установки;
- предупредить совместно работающих о включении.

5. Во избежание возможного поражения электрическим током запрещается касаться при включенных установках одновременно питающих проводов измерительных приборов, оборудования и трубопроводов отопления, водопровода или заземляющего контура. При ощущении эффекта поражения электрическим током необходимо выключить лабораторную установку и сообщить преподавателю.

6. Запрещается оставлять включённую лабораторную установку без присмотра.

7. Запрещается самостоятельно устранять неисправности в электрической схеме стендов. Стенды должны быть надёжно заземлены.

8. Запрещается пользоваться в лаборатории открытым огнём.

9. Запрещается бегать и толкаться в лаборатории, мешать студентам проводить испытания. Проведение испытаний требует строгой дисциплины и точного соблюдения правил техники безопасности.

10. В случае попадания студента под напряжение необходимо быстро обесточить лабораторию, выключив главный рубильник на силовом щите, и вызвать врача, а до его прибытия оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

11. При появлении дыма из электронагревателей или пускорегулирующей аппаратуры и других аварийных ситуациях необходимо немедленно отключить установку и сообщить об этом преподавателю.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы: определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянной температуре, экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта, определение работы изотермического сжатия газа, построение графика изотермического процесса.

Общие сведения

Изотермическим называется процесс, происходящий в термодинамической системе при постоянной температуре (T=*const*).

Изотермический процесс осуществляется при условии постоянства температуры тел, окружающих газ, и настолько медленного изменения объема газа и давления, что температура газа в любой момент не должна отличаться от температуры окружающих тел.

Важно уточнить, что приводимые законы справедливы, когда рассматриваемый газ можно считать идеальным.

Идеальным газом называется модель реального газа, удовлетворяющая следующим требованиям:

- объемом всех молекул газа можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится;
- молекулы обмениваются энергией посредством упругих соударений;
- силами взаимодействия между молекулами вне моментов столкновений можно пренебречь.

Состояние идеального газа характеризуется следующими параметрами: давлением p, Па; объемом V, м^3; температурой T, К; массой вещества m, кг.

Связывает эти параметры идеального газа уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T, \qquad (1.1)$$

где μ – молярная масса газа, кг/кмоль;

R_0 – универсальная газовая постоянная, кДж/(кмоль·К).

R_0=8,314 кДж/(кмоль·К).

Следствием данного уравнения является закон ***Бойля-Мариотта*** – при неизменной температуре и массе произведение численных значений давления и объема газа постоянно:

$$p \cdot V = const. \tag{1.2}$$

С высокой точностью закон Бойля-Мариотта выполняется применительно к разреженным газам.

Изотермический процесс может происходить в условиях, когда теплообмен между газом и внешней средой осуществляется при постоянной разности температур. Для этого процесс расширения (сжатия) должен происходить очень медленно.

Энергия, передаваемая термодинамической системе внешними телами при силовом взаимодействии, называется ***работой***, совершаемой над системой.

Элементарная работа газа в равновесном квазистатическом процессе изменения его объема определяется выражением

$$\delta A = p \cdot dV. \tag{1.3}$$

В системе координат p, V она пропорциональна площади фигуры, находящейся между осью V и кривой процесса и ограниченной отрезками ординат (рис. 1.1).

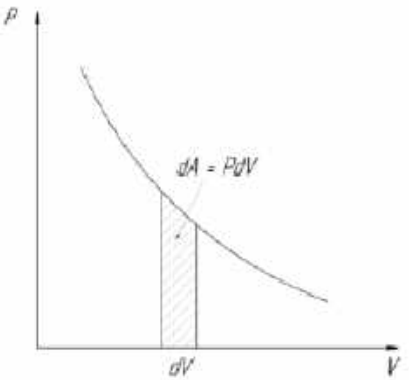


Рис. 1.1. Элементарная работа изотермического процесса в p, V-координатах

При подводе теплоты происходит расширение газа и увеличение объема, сопровождающееся уменьшением давления. При отводе теплоты происходит сжатие газа и уменьшение объема, сопровождающееся увеличением давления.

Так как dT=0, то внутренняя энергия идеального газа в изотермическом процессе не изменяется, то есть

$$dU = m \cdot c_v \cdot dT = 0 . \qquad (1.4)$$

Поэтому, в соответствии с первым началом термодинамики, вся теплота Q, сообщаемая газу в ходе изотермического процесса, расходуется на совершение газом работы против внешних сил, т.е.

$$\delta A = dQ . \qquad (1.5)$$

Теплота и работа изотермического расширения (сжатия) газа могут быть рассчитаны по формуле

$$A_{1-2} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} . \qquad (1.6)$$

Описание лабораторной установки

Принципиальная схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.2. Установка включает в себя: герметичный сосуд *ГС* (полупрозрачный цилиндр из пластика), составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема *VE*, поршень *П* с рукояткой перемещения *РП*, тройник с клапаном *ТК* и датчик давления *PE*.

Объем резервуара изменяется при движении внутри него поршня *П*, осуществляемого вручную за счет вращения рукоятки перемещения *РП*. С поршнем жестко связана подвижная часть датчика изменения объема, и таким образом положение поршня в цилиндре контролируется. Давление газа измеряется датчиком давления, который присоединяется к цилиндру с помощью вакуумного шланга.

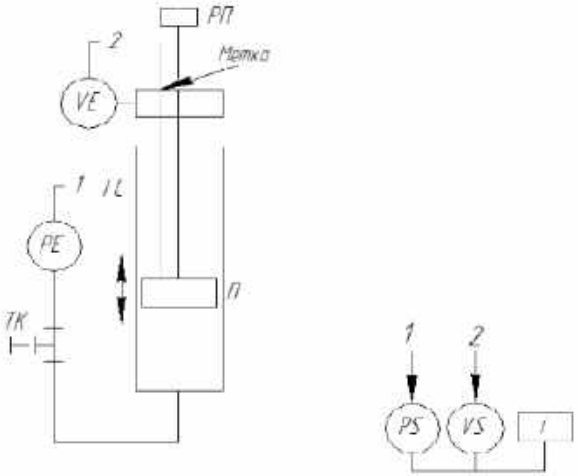


Рис. 1.2. Принципиальная схема установки:
ГС – герметичный сосуд; *П* – поршень; *РП* – рукоятка перемещения;
ТК – тройник с клапаном; *VE* – датчик объема; *PE* – датчик давления;
1 – давление внутри сосуда; 2 – объем сосуда

Стенки резервуара обладают достаточной теплопроводностью, чтобы обеспечить равенство температуры газа температуре внешней среды при условии медленного равномерного вращения подающего поршень винта.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 1.2). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе;
- подключить стенд к сети напряжением 220В и к USB-разъему компьютера;
- включить автомат питания *AB*, «Сеть 220В»;
- включить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Изотермический процесс»;
- провести настройку датчика объема. Вынуть заглушку на тройнике *ТК* (соединить с атмосферным воздухом) и перевести поршень в среднее положение, так чтобы метка на линейке

энкодера совпала с корпусом датчика объема (рис. 1.2). В рабочем окне программы на экране компьютера нажать кнопку «Сброс»;

- вставить заглушку в тройник до упора, замерить начальные параметры воздуха и результаты измерения записать в таблицу 1.1;
- медленно вращая рукоятку винта *РП*, перевести поршень в другое положение, уменьшая объем на 10 мл. В процессе перемещения поршня будут изменяться параметры воздуха;
- провести замеры для 5 точек (с 80 до 40 мл). Давление в герметичном сосуде не должно превышать 100 кПа;
- выключить установку тумблером *АВ*, «Сеть 220В»;
- вернуть поршень в среднее положение.

Обработка результатов измерений

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

- рассчитать массу газа (кг) в сосуде, по формуле

$$m = \frac{\mu \cdot V_1 \cdot p_1}{R_0 \cdot T}, \qquad (1.7)$$

где V_1 – объема сосуда в начальном состоянии, м^3;

$T = t + 273{,}15$ – абсолютная температура воздуха, К;

p_1 – абсолютное начальное давление воздуха в сосуде, кПа. Оно равно сумме атмосферного давления $p_{атм}$ и избыточного давления в полости герметичного сосуда $p_{изб}$ ($p = p_{атм} + p_{изб}$);

- рассчитать общую работу (кДж) сжатия воздуха:

$$A_{1-n} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_n} \qquad (1.8)$$

- по результатам наблюдений построить экспериментальный график изотермического процесса $p=f(V)$, определить константу уравнения и построить теоретическую (расчётную) кривую процесса.

Таблица 1.1

Протокол результатов измерений и вычислений

Параметры наружного воздуха $t_{атм}$=_____°С $p_{атм}$=_____кПа

№ п.п.	V, мл	$P_{изб}$, кПа	P, Па	m, кг	A, кДж
1					
2					
3					
4					
5					

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- краткие теоретические положения по исследованию изотермического процесса. Закон Бойля-Мариотта;
- схему и описание лабораторной установки;

а также **уметь**:

- проводить испытания и заполнять протокол испытаний;
- строить график изотермического процесса;
- анализировать полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Как называется термодинамический процесс, происходящий при постоянной температуре?
2. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта.
3. Каким требованиям должен удовлетворять идеальный газ?
4. Дайте определение работы в термодинамическом процессе.
5. Перечислите известные Вам температурные шкалы. Как осуществляется переход от одной температурной шкалы к другой?
6. Почему в ходе изотермического процесса не изменяется внутренняя энергия идеального газа? Будет ли изменяться внутренняя энергия газа, если его принять за реальный газ?
7. Почему процесс изотермического расширения (сжатия) газа должен происходить очень медленно?
8. Какие изменения внутренней энергии газа происходят при изотермическом процессе?
9. Что произойдет с постоянной изотермы, если повысить температуру воздуха в герметичном сосуде? Как тогда будет выглядеть диаграмма изотермического процесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОБАРНОГО ПРОЦЕССА

Цель работы: определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянном давлении.

Общие сведения

Изобарным называется термодинамический процесс, при котором давление сохраняется постоянным ($p=const$) (рис. 2.1). Если при подводе теплоты к газообразному рабочему телу оно расширяется без изменения давления, то вся подводимая теплота расходуется на изменение энтальпии:

$$dQ = dH + V \cdot dp\,, \tag{2.1}$$

или при $p=const$:

$$dQ = dH = c_p \cdot m \cdot dT\,, \tag{2.2}$$

где c_p – удельная массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении.

Если воздух, используемый в качестве рабочего тела, находится при малом давлении, его можно рассматривать как идеальный газ, состояние которого описывается уравнением Менделеева-Клапейрона.

Для идеальных газов изобарный процесс описывается законом ***Гей-Люссака:*** *при постоянном давлении и неизменных значениях массы газа и его молярной массы отношение объёма газа к его абсолютной температуре остаётся постоянным:*

$$\frac{V}{T} = const\,, \text{ или } \frac{\Delta V}{\Delta T} = const\,. \tag{2.3}$$

Если к газу в некотором объёме подводить теплоту и при этом намеренно увеличивать его объём таким образом, что давление в объёме не будет изменяться, то будет реализован изобарный процесс расширения. Если при этом регистрировать ΔV и ΔT, то может

быть построена кривая процесса, определена константа уравнения (2.3) и построена расчётная кривая процесса.

Работу, совершаемую при нагреве (охлаждении), при давлении p можно рассчитать по зависимости:

$$A = p \cdot (V_2 - V_1), \tag{2.4}$$

Описание лабораторной установки

Установка для демонстрации изобарного процесса (рис. 2.1) представляет собой герметичный резервуар (полупрозрачный цилиндр из пластика с гофрированной боковой поверхностью) *ГГС*, составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема. Упругие свойства стенок резервуара позволят ему в определенных пределах изменять свой объем под действием небольшой разницы давлений внутри и снаружи. Применяемый резервуар допускает нагрев до температуры 80°С в сосуде с горячей водой.

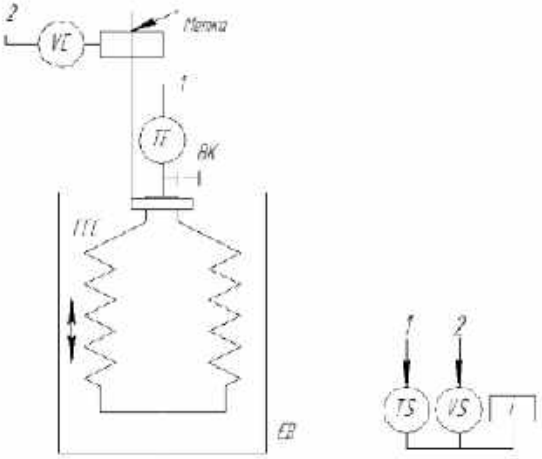


Рис. 2.1. Принципиальная схема установки:
ГГС – герметичный гофрированный сосуд; *ЕВ* – емкость с водой;
ВК – воздушный клапан; *VE* – датчик объема; *TE* – датчик температуры;
1 – температура внутри сосуда; 2 – объем

При проведении измерений необходимо, чтобы температура газа была одинаковой по всему объему резервуара, и чтобы датчик

температуры успевал приходить в равновесие с окружающим его газом. Для этого изменение температуры газа должно осуществляться достаточно медленно.

Нагрев исследуемого газа проводится горячей водой. Погружение резервуара с исследуемым газом в горячую воду приводит к быстрому нагреву стенок резервуара. Установление однородного распределения температуры газа внутри резервуара происходит значительно медленнее. Для избежания искажений результатов эксперимента, обусловленных конечной скоростью выравнивания температуры газа и датчика, запись данных следует проводить во время остывания резервуара с газом на воздухе.

Элементы установки размещены на кронштейне с возможностью перемещения подвижного основания цилиндра с горловиной вдоль его вертикальной оси. Основание цилиндра жестко связано с подвижной частью датчика изменения объема, и таким образом осуществляется регистрация объема цилиндра с гофрированными стенками.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 2.1). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе;
- подключить стенд к сети 220В;
- подключить автоматизированный стенд к USB-разъему компьютера;
- включить автомат питания АВ, «Сеть 220В»;
- включить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Изобарный процесс»;
- залить горячую воду, с температурой не более 80°С в стеклянную емкость *ЕВ*;
- удалить воздушную заглушку в клапане *ВК*. Аккуратно сжать гофрированный цилиндр, так чтобы метка на линейке энкодера совпала с корпусом датчика объема. На экране компьютера нажать кнопку «Сброс»;
- плотно вставить заглушку, убедиться в герметичности (показание объема должно оставаться постоянным);
- опустить резервуар в горячую воду;

- после того, как температура перестанет заметно изменяться, извлечь резервуар с воздухом из сосуда с горячей водой. Замерить начальные параметры воздуха в резервуаре и записать в протокол испытания;
- воздух в резервуаре начнет остывать. При каждом изменении температуры на 5°С замерить его объём и температуру, а результаты измерения внести в протокол (табл. 2.1);
- после того, как температура перестанет заметно изменяться, остановить измерения;
- выключить установку тумблером АВ, «Сеть 220В».

Примечание:

По окончании проведения опытов вынуть заглушку, немного растянуть корпус гофрированного сосуда, вставить заглушку в тройник и оставить в таком положении до следующих опытов.

Обработка результатов измерений

- Используя уравнение Менделеева-Клапейрона рассчитать массу газа (кг) в сосуде, по формуле:

$$m = \frac{\mu \cdot V_1 \cdot p}{R_0 \cdot T_1}, \qquad (2.5)$$

где V_1 – объем сосуда в начальном состоянии, м^3;

$p=p_{атм}$ – абсолютное давление в исследуемом объеме равно атмосферному давлению (*100 кПа=750 мм рт. ст.),* кПа;

$T_1=t_1+273,15$ – абсолютная температура воздуха в сосуде в начальном состоянии, К;

μ – молярная масса газа, (для воздуха μ = 29 кг/кмоль);

R_0 = 8,314 кДж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

- Рассчитать работу сжатия воздуха по уравнению (2.4).
- Исходя из выражения (2.2), определить общее количество теплоты, затраченной на остывание воздуха из начального состояния в конечное, по формуле:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1), \qquad (2.6)$$

где c_p – удельная теплоёмкость при постоянном давлении (для воздуха c_p = 1,007 кДж/(кг·К)).

- Полученные значения занести в таблицу 2.1.
- По результатам наблюдений построить график изобарного процесса $V = f(T)$, определить константу уравнения и нанести расчётную кривую процесса.

Таблица 2.1

Протокол результатов измерений и вычислений

№ п.п.	V, мл	t, °С	T, К	m, кг	A, Дж	Q, Дж
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- краткие теоретические положения по исследованию изобарного процесса. Закон Гей-Люссака;
- схему и описание лабораторной установки;

а также **уметь**:

- проводить испытания и заполнять протокол испытаний;
- строить график изобарного процесса;
- анализировать полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется изобарным?
2. Как изображается изобарный процесс на термодинамических диаграммах?
3. Поясните использование изобарного процесса в циклах тепловых двигателей.
4. Почему процесс охлаждения воздуха в данной работе можно считать изобарным?
5. Какие условия должны выполняться, чтобы, определяя параметры газа, можно было воспользоваться законом Гей-Люссака?
6. Сформируйте закон Гей-Люссака.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО КАЛОРИМЕТРИРОВАНИЯ

Цель работы: расширение и закрепление знаний по теплоемкости, исследование теплоемкости различных физических тел в зависимости от температуры.

Общие сведения

В теплотехнике важно определять количество теплоты в технологических процессах. Чтобы рассчитать количество теплоты, необходимо знать значение удельных теплоемкостей.

Под удельной теплоемкостью понимают количество теплоты, необходимое для нагревания единицы количества вещества на 1 градус.

Если теплоемкость относят к 1 кг, то ее принято называть массовой теплоемкостью и обозначать буквой c, Дж/(кг К).

Если теплоемкость относят к 1 м^3 (взятому при нормальных физических условиях) или к 1 молю, то ее называют соответственно объемной или молярной и обозначают c', Дж/(м^3 К), и μc, Дж/(моль К).

Зная теплоемкость, можно определить расход теплоты на нагревание вещества:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1), \qquad (3.1)$$

где Q – теплота, подведенная к телу, кДж;

m – масса вещества, кг;

T_2 и T_1 – температура вещества после и до подведения теплоты, К;

c – массовая удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)

Количество теплоты, поглощенное телом при изменении его состояния, зависит не только от начального и конечного состояний (в частности, от их температуры), но и от способа осуществления процесса перехода между ними. Соответственно от способа нагревания тела зависит и его теплоемкость.

Обычно различают теплоемкость при постоянном объеме (c_v) и теплоемкость при постоянном давлении (c_p), если в процессе

нагревания поддерживаются постоянными, соответственно, его объем или давление.

При нагревании при постоянном давлении часть теплоты идет на производство работы расширения тела, а часть – на увеличение его внутренней энергии. При нагревании при постоянном объеме вся теплота расходуется на увеличение внутренней энергии; в связи с этим c_p всегда больше, чем c_v. Для газов (разреженных настолько, что их можно считать идеальными) разность теплоемкостей равна газовой постоянной R и определяется уравнением Майера:

$$c_p - c_v = R; \;\; \mu c_p - \mu c_v = R_0 . \tag{3.2}$$

$$R = \frac{R_0}{\mu} , \tag{3.3}$$

где R_0=8,314 кДж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

Между изобарной и изохорной теплоемкостями существует другая зависимость:

$$k = \frac{c_p}{c_v} , \tag{3.4}$$

где k – показатель адиабаты.

Описание лабораторной установки

В основу работы измерителя положен сравнительный метод динамического с-калориметра с тепломером и адиабатической оболочкой.

На рисунке 3.1 показана тепловая схема метода. Испытуемый образец 4 размещается внутри металлической ампулы 3 и монотонно разогревается вместе с ней за счет непрерывно поступающего к ампуле через тепломер 2 теплового потока.

Тепловая связь ампулы 3 и образца 4 с внешней средой допускается только через тепломер 2, поэтому открытые участки поверхности ампулы отделены от внешней среды адиабатической оболочкой 6.

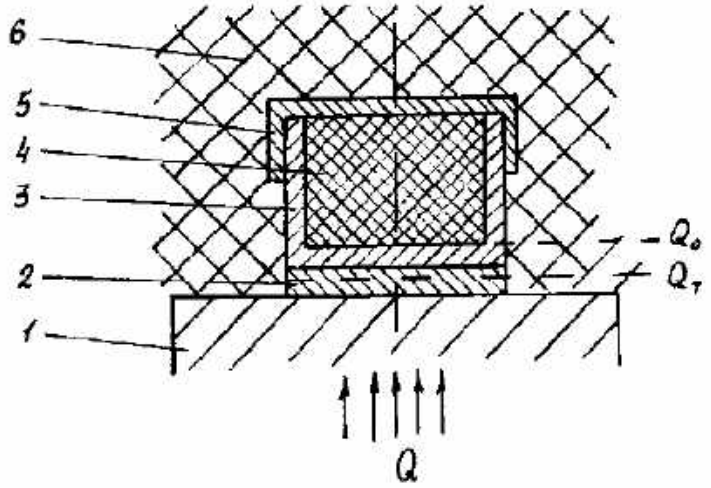


Рис. 3.1. Тепловая схема метода динамического с-калориметра:
1 – основание; 2 – тепломер; 3 – ампула; 4 – образец испытуемый;
5 – крышка; 6 – оболочка адиабатическая

О величине теплового потока Q_T, проходящего через тепломер, можно судить по величине перепада температуры на тепломере Δt_T и тепловой проводимости тепломера k_T, определенной из независимых градуировочных экспериментов:

$$Q_T = k_T \cdot \Delta t_T . \tag{3.5}$$

Параметр k_T является постоянной прибора и зависит только от температурного уровня. Тогда расчетная формула теплоемкости будет иметь вид:

$$c = \frac{k_T}{m_0}\left(\tau_T - \tau_T^0\right), \tag{3.6}$$

где τ_T^0 – время запаздывания температуры на тепломере в эксперименте с пустой ампулой.

Параметр τ_T^0 также является «постоянной» прибора.

Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 3.1). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе и протокол испытания (табл. 3.1);
- установить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «t_1»;
- включить кнопкой «НАГРЕВ» основной нагреватель и установить по вольтметру блока питания и регулирования начальное напряжение 40В;
- включить секундомер при достижении температуры 25°С (при прохождении светового указателя через «ноль» шкалы) и переключить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «t_2»;
- выключить секундомер при прохождении светового указания через «ноль» шкалы;
- записать показания секундомера в графу «τ_T» журнала наблюдений;
- повторить измерение τ_T при всех значениях температур, указанных в журнале наблюдений;
- выключить нагреватель при достижении желаемого уровня температуры;
- заарретировать прибор Ф136;
- установить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «УСТ.0»;
- выключить блок питания и регулировки;
- поднять верхнюю часть корпуса измерительной ячейки для охлаждения прибора;
- определить теплоемкость образца в каждом опыте по уравнению (3.9);
- дать сравнительный анализ удельной теплоемкости с табличными данными и оценить погрешность опыта (табл. 3.2);
- построить график зависимости теплоемкости от температуры.

Таблица 3.1

Протокол испытаний

Испытуемый образец	m_0, кг	t_i, °C	τ_T, с	τ_T^0, с	k_T, Вт/К	c, Дж/(кг·К)
		25		15,6	0,391	
		50		15,2	0,397	
		75		14,7	0,402	
		100		14,3	0,408	

Таблица 3.2

Физические свойства материалов

Материал	Температура, °C	Теплоемкость, Дж/(кг·К)
Алюминий	20	920
Кварц	20	730
Латунь	20	377
Сталь	20	460
Эбонит	20	1382

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- определение удельной теплоёмкости вещества и от чего она зависит;
- виды теплоёмкостей и зависимости между ними;
- способ определения теплоёмкости вещества методом динамического калориметрирования;

а также **уметь:**

- определять массовую теплоёмкость твёрдых тел методом динамического калориметрирования.

Контрольные вопросы

1. Что называется удельной теплоемкостью вещества?
2. Написать формулу для определения удельной теплоемкости.
3. От чего зависит теплоемкость вещества?
4. Какие виды теплоемкостей Вы знаете? Написать зависимости между ними.
5. Дать размерность различных теплоемкостей.
6. В чем заключается метод динамического калориметрирования?
7. Привести примеры использования теплоемкости в практических расчетах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ

Цель работы: закрепить теоретические знания по разделу водяной пар, экспериментально определить удельную теплоту парообразования воды.

Общие сведения

Паром называется реальный газ, близкий к состоянию насыщения, т.е. к превращению в жидкость. ***Насыщенным паром*** называется пар, находящийся в равновесии с жидкостью, из которой он образуется, и имеющий максимальную плотность и упругость. Температура насыщенного пара является функцией одного только давления. ***Сухой насыщенный пар*** получается при полном испарении всей жидкости. ***Влажный насыщенный пар*** получается при неполном испарении жидкости и является смесью пара с мельчайшими взвешенными в нем капельками жидкости. ***Перегретым паром*** называется пар, который имеет температуру выше температуры насыщения.

Теплотой перегрева называется теплота, необходимая для превращения сухого насыщенного пара в перегретый.

Удельной теплотой парообразования называется количество теплоты, необходимое для получения 1 килограмма сухого насыщенного пара из воды, находящейся при температуре кипения.

Теплота парообразования r состоит из ***внешней теплоты парообразования*** ψ, расходуемой на совершение работы расширения, и ***внутренней теплоты парообразования*** ρ, расходуемой на изменение внутренней потенциальной энергии:

$$r = \rho + \psi, \qquad \psi = p \cdot (v'' - v'), \tag{4.1}$$

где p – давление, Па;

v' – удельный объем кипящей жидкости, м^3/кг;

v'' – удельный объем сухого насыщенного пара, м^3/кг.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 4.1) представляет собой дистиллятор, который для измерения потребляемой мощности

подключён к сети переменного тока через амперметр и вольтметр. Во время опыта к кипящей воде, находящейся в парообразователе *1*, с помощью электронагревателя *3* подводится теплота. Затраченная теплота определяется с помощью амперметра и вольтметра. Образующийся пар поступает в конденсатор *8* и конденсируется, отдавая тепло холодной воде, поступающей из водопровода через трубу *7*. Конденсат поступает в мерную колбу *6*, а нагретая вода через сливную трубу *9* уходит в канализацию.

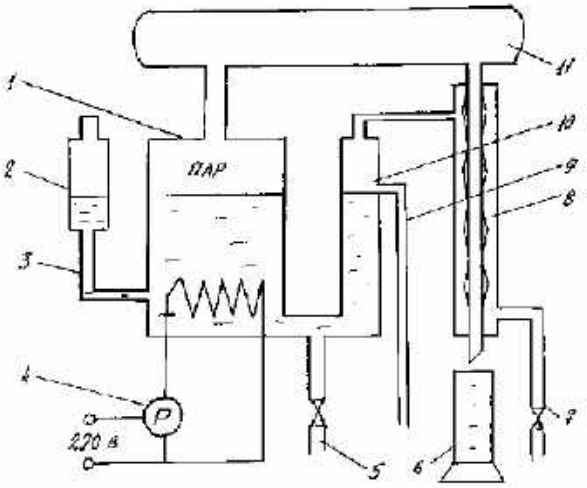


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки
для определения удельной теплоты парообразования воды:
1 – дистиллятор; 2 – датчик; 3 – электронагреватель; 4 – ваттметр;
5 – трубка сливная; 6 – цилиндр мерный; 7 – кран охлаждающей воды;
8 – конденсатор; 9 – трубка переливная; 10 – стакан контрольный;
11 – паросборник

Удельная теплота парообразования r равна:

$$r = \frac{Q_П}{m}, \text{ кДж/кг}, \qquad (4.2)$$

где $Q_П$ – теплота, затраченная для получения сухого насыщенного пара, кДж;

m – масса полученного пара, кг.

Количество подводимой теплоты определяется по формуле:

$$Q = I \cdot U \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \text{ кДж}, \qquad (4.3)$$

где τ – время опыта, с;

I, U – показания амперметра и вольтметра.

Количество пара (кг) равно массе конденсата и определяется по уравнению:

$$m = \rho \cdot V_к \cdot 10^{-6}, \qquad (4.4)$$

где ρ – плотность воды при температуре $t_к$, кг/м^3 (табл. 4.1);

$V_к$ – объем конденсата, см^3.

Таблица 4.1

Зависимость плотности воды от температуры

t, °С	10	20	30	40	50	60	70	80
ρ, кг/м^3	999,6	998,2	995,6	992,2	988,0	983,2	977,7	971,8

При кипении воды в парообразователе испаряется m кг воды. Для сохранения ее постоянного уровня предусмотрен контрольный стакан *10* (рис. 4.1). Из контрольного стакана в водонагреватель поступает m кг воды при температуре $t_{х.в}$, которую необходимо нагреть до температуры парообразования $t_н$=100°С. Количество теплоты $Q_в$ (кДж), затраченное на подогрев замещающей воды, определяется по формуле:

$$Q_в = m \cdot c_р \cdot (t_н - t_{х.в.}), \qquad (4.5)$$

где $c_р$ – теплоемкость воды; $c_р$=4,19 кДж/(кг·К).

Количество теплоты $Q_п$ (кДж), идущее на парообразование:

$$Q_п = (Q - Q_в) \cdot \eta, \qquad (4.6)$$

где η – коэффициент полезного действия дистиллятора;

η=0,85.

Погрешность опыта равна:

$$\delta = \frac{r_{экс} - r_{табл}}{r_{табл}} \cdot 100\%, \qquad (4.7)$$

где $r_{табл.}$=2258 кДж/кг.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- заполнить парообразователь водой до уровня, определенного сливной трубкой *9*, впаянной в контрольный стакан *10*. Поступление холодной воды из водопровода необходимо отрегулировать краном *7* так, чтобы она не переливалась через контрольный стакан;
- включить водонагреватель и довести воду до кипения. Дождаться равномерно установившегося стока конденсата;
- направить конденсат в пустую мензурку, и включить секундомер. В журнал наблюдения записать ток и напряжение, подводимые к парообразователю, время, необходимое для сбора 100 мл конденсата, объем и температуру конденсата, температуру сливающейся в канализацию воды. По температуре конденсата определить его плотность (табл. 4.1).
- определить количество подводимой теплоты Q (кДж) по уравнению (4.3);
- определить массу пара m (кг) по уравнению (4.4);
- определить количество теплоты $Q_в$ (кДж) идущей на нагрев замещающей воды по уравнению (4.5);
- определить количество теплоты $Q_п$ (кДж) идущей на парообразование по уравнению (4.6);
- определить удельную теплоту парообразования r (кДж/кг) по уравнению (4.2);
- определить погрешность опыта δ (%) по уравнению (4.7);
- дать анализ полученных данных.

Таблица 4.2

Протокол испытаний

№№ пп	I (А)	U (В)	τ (сек)	$t_{х.в.}$ (°С)	$V_к$ (см^3)	$t_н$ (°С)	ρ (кг/м^3)
1					100		-
2					100		-
3					100		-
Среднее					100		

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- что такое пар и в каких состояниях он может находиться;
- какими параметрами характеризуется пар;
- определение удельной теплоты парообразования и ее составляющих;
- что называют теплотой перегрева пара;

а также **уметь**:

- определять опытным путем удельную теплоту парообразования;
- определять погрешность опыта.

Контрольные вопросы

1. Что называется удельной теплотой парообразования?
2. В чем различие влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара?
3. Как определить внешнюю и внутреннюю теплоту парообразования?
4. Привести примеры использования удельной теплоты парообразования в расчетах.
5. Как определить удельную теплоту парообразования опытным путём?
6. Что называется теплотой перегрева пара?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ВОДЯНОЙ ПАР. *H,S*-ДИАГРАММА ВОДЯНОГО ПАРА

Цель работы: познакомиться с основными термодинамическими процессами водяного пара на *h,s*-диаграмме водяного пара; научиться решать задачи с помощью *h,s*-диаграммы водяного пара.

Общие сведения

Водяной пар используется в паровых турбинах электростанций, в теплообменных устройствах, системах отопления и т.д.

Парообразование – это процесс перехода жидкости в парообразное состояние путём испарения или кипения.

Испарение – это парообразование со свободной поверхности жидкости или твёрдого тела при любой температуре.

Кипение – это парообразование во всём объёме кипящей жидкости при определённом давлении и определённой температуре, называемой ***температурой насыщения*** t_H. Температура насыщения t_H повышается с увеличением давления.

Насыщенным паром называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью, из которой он образуется. Динамическое равновесие заключается в том, что число молекул, покидающих кипящую воду, равно числу конденсирующихся молекул, возвращающихся обратно в жидкость.

Влажным насыщенный паром называется двухфазная смесь, представляющая собой пар со взвешенными в нём мельчайшими капельками жидкости.

Сухим насыщенным паром называется пар, в котором отсутствуют взвешенные частицы жидкой фазы.

Степенью сухости пара называется массовая доля сухого насыщенного паря во влажном. Её определяют по формуле

$$x = \frac{m_{с.п.}}{m_{вл.п.}} = \frac{m_{с.п.}}{m_{с.п.} + m_{ж}}, \qquad (5.1)$$

где $m_{вл.п}$ – масса влажного пара, кг;

$m_{с.п}$ и $m_{ж}$ – масса сухого насыщенного пара и масса жидкости во влажном насыщенном паре, кг.

Состояние влажного насыщенного пара однозначно определяется двумя параметрами: давлением пара p_x (или температурой насыщения t_H) и степенью сухости x. Состояние сухого насыщенного пара можно задать любым из параметров: давлением, температурой насыщения или удельным объёмом.

Изобарный процесс увеличения температуры пара выше температуры насыщения t_H называется ***перегревом пара,*** а такой пар в любой точке – ***перегретым.*** Состояние перегретого пара определяется двумя параметрами: p и t, p и v, t и v.

Теплотой парообразования называется теплота, которая необходима для полного превращения в сухой насыщенный пар 1 кг жидкости нагретой до температуры насыщения (кипения) t_H при данном давлении. Удельную теплоту парообразования обозначают буквой r (Дж/кг).

h,s-диаграмма водяного пара

Молье в 1904 году предложил *h,s*-диаграмму водяного пара (рис. 5.1). В *h,s*-диаграмме количество теплоты, участвующей в процессе, изображается отрезками линий на оси удельной энтальпии h. Нижняя пограничная кривая *0K* выходит из начала координат.

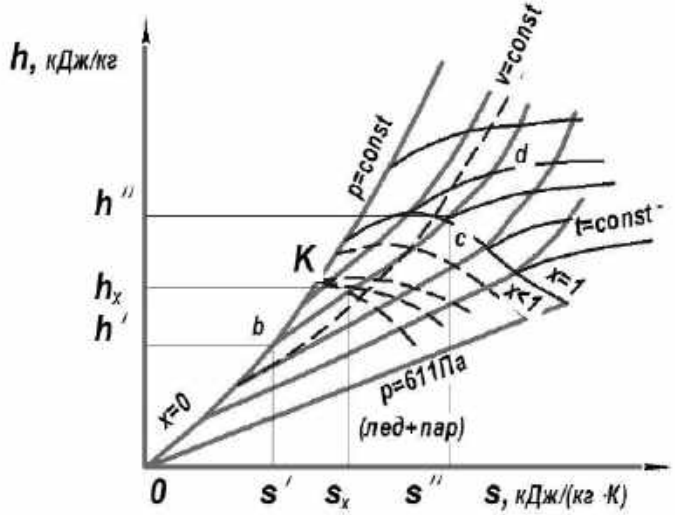


Рис. 5.1. *h,s*-диаграмма водяного пара

Состояние кипящей воды представлено точками на нижней пограничной кривой *0K* на соответствующих изобарах (например, точка *b)*. Изобары в области влажного насыщенного пара совпадают с изотермами и являются прямыми линиями. В области влажного пара линии постоянной степени сухости сходятся в критической точке *K*.

В области перегретого пара изобары имеют кривизну с выпуклостью вниз, а изотермы представляют собой кривые линии, обращённые выпуклостью вверх, причём при сравнительно низких давлениях изотермы в области перегретого пара близки к горизонтальным линиям. На *h,s*-диаграмме нанесены также изохоры *(v=const)*, которые поднимаются вверх более круто по сравнению с изобарами. Обычно *h,s*-диаграмму водяного пара с целью увеличения масштаба рабочей части изображают не полностью, а лишь частично (рис. 5.2).

Процессы изменения состояния пара

Обычно рассматривают (рис. 5.2) изохорный (линия *AC*), изобарный (линия *DF*), изотермный (линия *GJ*) и адиабатный (линия *KL*) процессы. Определение параметров пара в этих процессах выполняют с помощью *h,s* -диаграммы.

В изохорном процессе AC при подводе теплоты влажный пар (точка *A)* становится сначала сухим (точка *B)*, а после пересечения изохорой пограничной кривой $x=1$ – перегревается.

В изохорном процессе внешняя работа $A=0$ Дж, следовательно, подведённая теплота расходуется на изменение внутренней энергии:

$$q_{AC} = u_C - u_A = h_C - h_A - v \cdot (p_C - p_A)\text{, Дж/кг.} \quad (5.2)$$

Изобарный процесс DF в области влажного пара протекает при постоянной температуре $t_н$. В области перегретого пара при подводе теплоты температура пара повышается до температуры $t_{пер}$. При этом энтропия s и энтальпия h пара увеличиваются.

Количество теплоты, подведённое к пару

$$q_{DF} = h_F - h_D\text{, кДж/кг.} \quad (5.3)$$

Изменение внутренней энергии:

$$u_F - u_D = (h_F - p \cdot v_F) - (h_D - p \cdot v_D)\text{, кДж.} \quad (5.4)$$

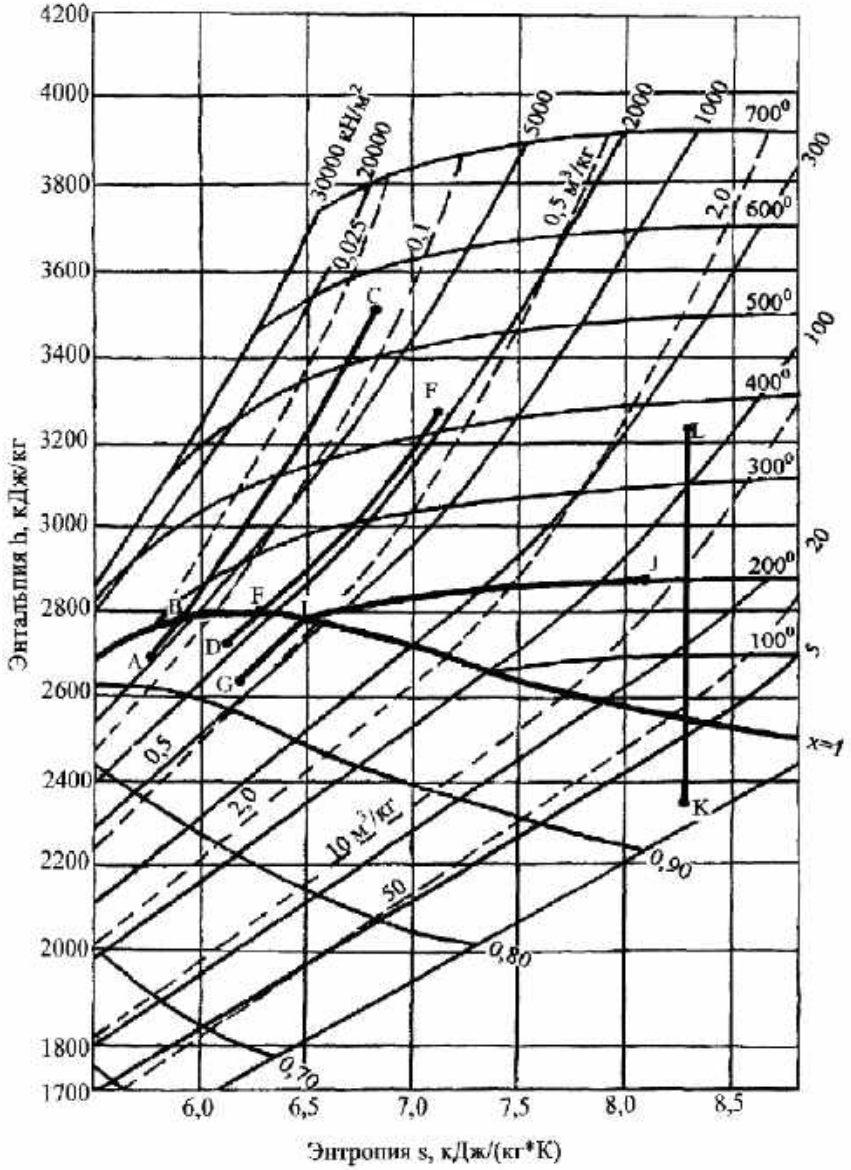


Рис. 5.2. *h,s*-диаграмма водяного пара

Работа изобарного процесса:

$$A_{DF} = p \cdot (v_F - v_D), \text{ кДж.} \quad (5.5)$$

Изотермный процесс GJ в области влажного пара совпадает с изобарным. При *t=const* внутренняя энергия пара Δu_{GJ} определяется по формуле

$$\Delta u_{GJ} = (h_J - p_J \cdot v_J) - (h_G - p_G \cdot v_G), \text{ кДж.} \quad (5.6)$$

Количество подведенной к пару теплоты равно

$$q_{GJ} = T \cdot (s_J - s_G), \text{ кДж/кг.} \quad (5.7)$$

Внешняя работа определяется из уравнения первого закона термодинамики:

$$A_{GJ} = q_{GJ} - \Delta u_{GJ}, \text{ кДж.} \quad (5.8)$$

В обратимом ***адиабатном процессе KL*** *ds*=0. Затраты внешней работы на сжатие равны изменению внутренней энергии:

$$A_{KL} = -\Delta u_{KL} = h_K - h_L - (p_K \cdot v_K - p_L \cdot v_L), \text{ кДж.} \quad (5.9)$$

Аналогично и уравнение для процесса расширения пара.

Укажем, что *h,s*-диаграмма очень удобна для анализа адиабатных процессов и поэтому получила исключительное распространение при выполнении тепловых расчётов.

Решить с помощью *h,s* –диаграммы задачи:

1. Определить температуру, удельный объём, энтальпию и энтропию сухого насыщенного пара при давлении:

Вариант	1	2	3	4	5	6
p, МПа	0,2	0,6	1,0	2,5	3,0	4,0

2. Определите массу 4 $м^3$ водяного пара при следующих параметрах:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t, °C	450	600	520	440	290	480
p, МПа	4	4	2	2	0,5	0,5

3. Определить теплоту, необходимую для перегрева водяного пара, имеющего параметры p=2 МПа и степень сухости x=0,93, если температура перегрева равна:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t2, °C	250	330	360	410	460	500

4. Водяной пар с начальными параметрами p_1=10 МПа и t_1=600°C адиабатно расширяется до давления p_2. Определите полезную внешнюю работу процесса и конечное состояние пара. Конечное давление p_2 равно:

Вариант	1	2	3	4	5	6
p2, МПа	0,4	0,2	0,1	0,05	0,03	0,005

5. При постоянном давлении p=2 МПа к 1 кг сухого насыщенного пара подводится теплота q. Определить конечное состояние и работу совершённую паром, если теплота q равна:

Вариант	1	2	3	4	5	6
q, кДж	200	250	300	350	400	450

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- как изображаются основные термодинамические процессы водяного пара в *h,s*-диаграмме водяного пара;
- состояния водяного пара и их определения;
- формулы для определения теплоты, внутренней энергии и работы в термодинамических процессах водяного пара;

а также **уметь**:

- решать задачи, используя *h,s*-диаграмму водяного пара.

Контрольные вопросы

1. Какие состояния водяного пара вы знаете? Дайте им определения.
2. Что понимают под степенью сухости влажного пара?
3. Объясните *h,s* -диаграмму водяного пара.
4. Напишите формулы для определения работы пара в различных процессах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ. *H,D*-ДИАГРАММА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Цель работы: изучить общие сведения о влажном воздухе, познакомиться с основными термодинамическими процессами влажного воздуха, изучить *h,d*-диаграмму влажного воздуха и научиться решать задачи с помощью *h,d*-диаграммы влажного воздуха и психрометра.

Общие сведения

Влажный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара. Его широко используют для сушки продуктов сельскохозяйственного производства в качестве рабочего тела.

Содержание водяного пара в атмосферном воздухе колеблется от малых долей до 4% (по массе) и зависит от метеорологических условий и наличия источников испарения воды.

Насыщенным влажным воздухом называется смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара.

Ненасыщенным влажным воздухом называется смесь сухого воздуха и перегретого водяного пара.

Температурой точки росы называется температура, до которой необходимо охладить ненасыщенный влажный воздух, чтобы содержащийся в нем перегретый пар стал насыщенным.

При охлаждении влажного воздуха ниже температуры точки росы происходит конденсация водяного пара. Поэтому температуру точки росы часто используют как меру содержания в воздухе воды в парообразном состоянии.

Абсолютной влажностью называют массу пара в 1 м^3 влажного воздуха, которая численно равная плотности пара $\rho_п$ при парциальном давлении $p_п$.

Относительной влажностью φ называется отношение действительной абсолютной влажности воздуха $\rho_п$, к максимально возможной абсолютной влажности $\rho_н$ при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_п}{\rho_н}. \qquad (6.1)$$

При атмосферном давлении парциальное давление пара в насыщенном воздухе мало и его можно считать идеальным газом. Тогда по закону Бойля-Мариотта отношение $\rho_п/\rho_н$ можно заменить отношением давлений $p_п/p_н$, т.е.

$$\varphi = \frac{p_п}{p_н}, \qquad (6.2)$$

где $p_п$ – парциальное давление водяного пара во влажном воздухе, МПа;

$p_н$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при данной температуре, МПа.

Величина φ выражается в процентах или относительных единицах. Для сухого воздуха φ=0. Для насыщенного воздуха φ=100%.

Влагосодержанием d называется отношение массы водяного пара $m_п$, содержащегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха $m_в$:

$$d = \frac{m_п}{m_в}, \qquad (6.3)$$

Влагосодержание измеряется в кг (или г) на 1 кг сухого воздуха.

h,d - диаграмма влажного воздуха

Ряд практических задач в области кондиционирования, сушки материалов, вентиляции и отопления хорошо решается с помощью *h,d* -диаграммы, предложенной Л.К. Рамзиным. В диаграмме энтальпия $(1+d)$ кг влажного воздуха (ось ординат) представлена как функция влагосодержания d, г/кг (ось абсцисс). Для удобства использования *h,d*-диаграмма построена в косоугольных координатах. Ось абсцисс направлена под углом 135° к оси ординат.

В представленной на рисунке 6.1 диаграмме наклонная ось не показана. Вместо нее из начала координат проведена горизонтальная прямая, на которой даны значения влагосодержания. Таким образом, линии $d=const$ – вертикальные прямые, а линии $h=const$ – наклонные прямые.

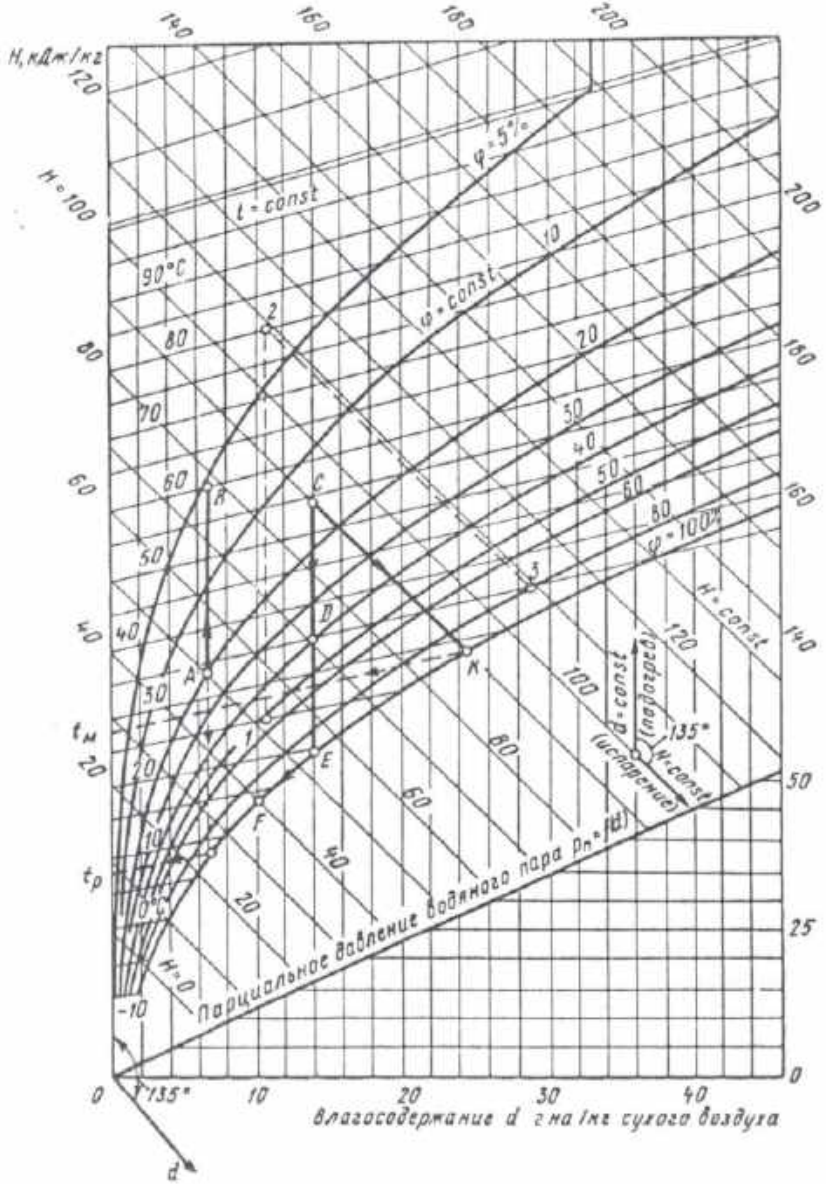


Рис. 6.1. *h,d*-диаграмма влажного воздуха

Изотермы изображаются на диаграмме прямыми линиями. Кроме того, на диаграмме нанесены кривые $\varphi=const$. Кривая φ=100% – кривая насыщения: она является своего рода пограничной кривой, разделяющей область ненасыщенных состояний (вверху) и область тумана (внизу), в котором часть влаги находится в виде пара, а часть – в жидком или твердом состоянии (снег, ледяной туман).

Любая точка в h,d-диаграмме обозначает вполне определенное физическое состояние воздуха, а изменение этого состояния изображается линией процесса.

Так, например, в процессе нагрева воздуха в калорифере (воздухонагревателе) влагосодержание воздуха не изменяется $(d=const)$, поэтому он изображается в h,d-диаграмме вертикальной прямой (линия AB). Количество подведённой при нагреве воздуха теплоты равно:

$$Q = m_в \cdot (h_B - h_A) \text{ , кДж/кг,} \qquad (6.4)$$

где $m_в$ – масса воздуха, проходящего через калорифер, кг.

В процессе охлаждения воздуха в воздухоохладителе при $d=const$ (линия DE) повышается его относительная влажность, и при определенной температуре t_E равной температуре точки росы, воздух становится насыщенным $(\varphi$=100%). При дальнейшем охлаждении воздуха будет происходить конденсация водяных паров из него и соответственно осушение воздуха (линия EF). Количество сконденсированной влаги $m_{вл}$ определяется конечной температурой воздуха t_F и выражается разностью влагосодержаний точек E и F.

$$m_{вл} = m_в \cdot (d_E - d_F) \text{, кг.} \qquad (6.5)$$

Воздух может охлаждаться и за счет непосредственного испарения в него воды, имеющей более низкую температуру. Если теплота, необходимая для испарения воды, берется только из окружающего воздуха, то влагосодержание его будет увеличиваться, а температура понижаться. Такой процесс адиабатного охлаждения влажного воздуха пойдет по линии CK при $h=const$, а пределом охлаждения будет адиабатная температура мокрого термометра.

Количество испарившейся влаги $m_{исп}$ равно разности влагосодержаний точек K и C:

$$m_{исп} = m_в \cdot (d_K - d_C), \text{ кг.} \qquad (6.6)$$

Определение параметров влажного воздуха с помощью психрометра и *h,d*-диаграммы

Наиболее распространённым способом определения относительной влажности воздуха является психрометрический. Психрометр состоит из двух одинаковых термометров. Один из них называется ***сухим термометром,*** а его показания – температурой воздуха по сухому термометру. Второй термометр обёрнут мокрой лентой (батист), обеспечивающей непрерывный подвод воды к ртутному шарику, для того, чтобы его поверхность была влажной. Этот термометр называют ***мокрым термометром.*** Испарение влаги с поверхности шарика термометра приведет к его охлаждению, поэтому такой термометр показывает более низкую температуру, чем сухой термометр.

Для уменьшения влияния излучения окружающих предметов на температуру мокрого термометра его обдувают воздухом с помощью вентилятора, имеющего механический привод.

Показания психрометра дают возможность определить по *h,d*-диаграмме относительную влажность и влагосодержание влажного воздуха. Для этого необходимо определить точку пересечения изотермы t_M (мокрого термометра) с изотермой t_C (сухого термометра). Эта точка на *h,d*-диаграмме и определит состояние влажного воздуха в замеряемом объёме.

Решить с помощью h,d–диаграммы следующие задачи:

1. Определить с помощью *hd*-диаграммы теплоту, необходимую для нагревания 10 кг влажного воздуха с начальными параметрами φ_1=40% и t_1=30°С до температуры t_2:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t_2, °С	45	55	65	70	80	90

2. Сколько воды испарит 20 кг влажного воздуха с начальными параметрами φ_1=10% и t_1 =40°С, если он будет насыщаться до φ_2?

Вариант	1	2	3	4	5	6
φ_2, %	100	90	80	70	60	50

3. Сколько влаги выделится при охлаждении 30 кг влажного воздуха имеющего начальные параметры t_1=80°С и φ_1=20%, если он будет охлаждаться до температуры t_2?

Вариант	1	2	3	4	5	6
t_2, °С	30	28	25	20	15	10

4. Определить по *hd*-диаграмме энтальпию, парциальное давление, относительную влажность, влагосодержание влажного воздуха. Температуру мокрого термометра t_M и температуру сухого термометра t_C определить с помощью психрометра.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- параметры влажного воздуха и их определения;

а также **уметь**:

- пользоваться психрометром;
- решать задачи, используя *h,d*-диаграмму влажного воздуха.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры влажного воздуха, характеризующие содержание в нём пара, вы знаете? Дайте им определения.
2. Поясните *h,d*-диаграмму влажного воздуха.
3. Что такое температура точки росы и температура мокрого термометра? Как их найти с помощью *h,d*-диаграммы влажного воздуха?
4. Покажите на *h,d*-диаграмме процессы нагрева, охлаждения и конденсации.
5. Каким прибором определяются относительная влажность и влагосодержание влажного воздуха?
6. Поясните порядок работы на психрометре.
7. Почему температура мокрого термометра всегда ниже, чем сухого?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Цель работы: изучить принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и ее цикл в T,s-координатах.

Общие сведения

В сельском хозяйстве и быту искусственный холод широко применяют в качестве эффективного консервирующего средства в технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, так как охлажденные или замороженные продукты сохраняют вкусовые, питательные и потребительские свойства в течение длительного времени.

Процесс получения искусственного холода осуществляется с помощью паровых компрессорных холодильных машин с затратой механической энергии или абсорбционных и пароэжекторных установок, требующих затрат теплоты.

Простейший способ получения температуры рабочего тела ниже температуры окружающей среды заключается в том, что это рабочее тело, называемое иначе ***холодильным агентом (хладоагентом)***, сжимают в компрессоре, затем охлаждают до температуры окружающей среды, после чего заставляют адиабатически расширяться. При этом рабочее тело становится источником получения холода.

Рабочими телами в современных холодильных установках являются пары жидкостей, которые при давлениях, близких к атмосферному, кипят при низких температурах. Примерами таких хладоагентов могут служить аммиак NH_3, сернистый ангидрид SO_2, углекислый газ CO_2, хлорметил CH_3Cl и фреоны – фторхлорпроизводные типа $C_mH_xF_yCl_z$. Температура кипения аммиака при атмосферном давлении составляет -33,5°С, фреона -12…-30°С, сернистого ангидрида – -10°С, хлористого метила около -25°С, а фреона -22…-42°С. При температуре конденсации 20…40°С рабочие давления этих холодильных агентов находятся в пределах 1…6 МПа.

В холодильных установках применяют пары легкокипящих жидкостей высокой степени влажности, поэтому для них неприменимы законы для идеальных газов. Аналитические зависимости между параметрами для этих паров также сложны, как и для

водяного пара, когда он рассматривается как реальный газ. Поэтому при расчетах используют таблицы и диаграммы.

Идеальным циклом для работы паровой компрессорной холодильной установки является обратный цикл Карно. В случае применения легкокипящих жидкостей с целью получения низких температур практически более удобным для регулировки режима работы установки оказывается не адиабатное расширение в цилиндре, а дросселирование насыщенного пара или кипящей жидкости путем пропуска ее через дроссельный вентиль.

На рисунке 7.1 показаны принципиальная схема парокомпрессорной холодильной установки и ее идеальный цикл в *T,s*-диаграмме.

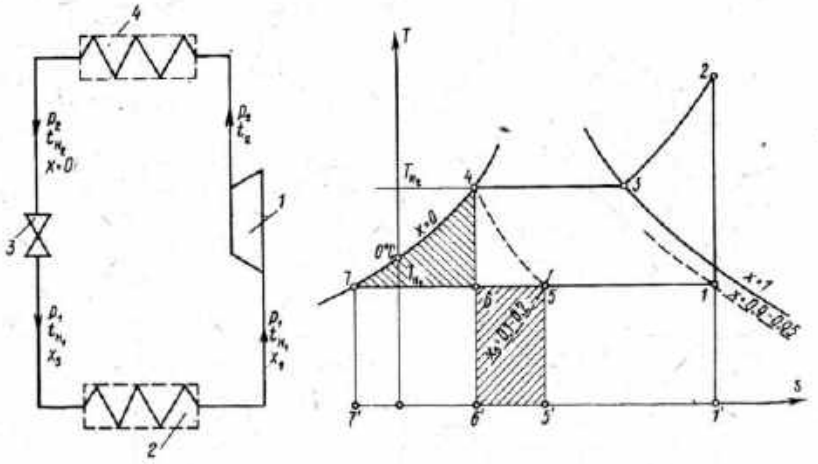


Рис. 7.1. Принципиальная схема парокомпрессорной холодильной установки и ее теоретический цикл в T,s-диаграмме:
1 – компрессор; 2 – охлаждаемое помещение;
3 – дроссельный вентиль; 4 – конденсатор

В компрессоре 1 вследствие затраты механической энергии влажный пар хладоагента сжимается (процесс 1-2) и превращается в сухой насыщенный пар, степень перегрева которого не превышает 130…140°С. Из компрессора перегретый пар с параметрами p_2 и t_2 поступает в конденсатор 4. В конденсаторе при постоянном давлении перегретый пар отдает охлаждающей воде теплоту перегрева (процесс 2-3), температура его становится равной температуре

насыщения $t_{н2}$. Отдавая в дальнейшем теплоту парообразования (процесс 3-4), насыщенный пар превращается в кипящую жидкость (точка 4). Эта жидкость поступает к дроссельному вентилю 3, пройдя через который превращается в насыщенный пар небольшой степени сухости(x_5=0,1…0,2).

Известно, что энтальпия рабочего тела до и после дросселирования одинакова, а давление и температура понижаются. В *T,s*-диаграмме пунктирной линией представлено постоянное значение энтальпии в процессе 4-5; точка 5 характеризует состояние пара после дросселирования. Затем влажный пар поступает в охлаждаемое помещение 2, где при неизменных давлении и температуре он расширяется (процесс 5-1), отнимая определенное количество теплоты от помещения. Степень сухости пара при этом увеличивается до x_1=0,9…0,95. Пар с параметрами состояния, характеризуемыми точкой 1, засасывается в компрессор, и работа установки повторяется.

В практических условиях работы пар после дроссельного вентиля поступает не в охлаждаемое помещение, а в испаритель, где отнимает теплоту рассола, который в свою очередь отнимает теплоту от охлаждаемого помещения. Это объясняется тем, что в большинстве случаев холодильная установка обслуживает ряд потребителей холода, и тогда незамерзающий рассол служит промежуточным хладоносителем, непрерывно циркулируя с помощью насосов между испарителем, где он охлаждается, и специальными воздухоохладителями, которые устанавливают в охлаждаемых помещениях. В качестве рассолов применяют водные растворы хлористого натрия и хлористого кальция, имеющие достаточно низкие температуры замерзания. Растворы пригодны для использования лишь при температурах, превышающих те, при которых они замерзают как однородная смесь, образуя соленый лед (так называемая криогидратная точка). Криогидратной точке раствора *NaCl* с концентрацией 22,4% соответствует температура -21,2°С, а для раствора $CaCl_2$ с концентрацией 29,9% температура -55°С.

Количество теплоты q_2, получаемое 1 кг рабочего тела от охлаждаемого помещения, называется ***удельной холодопроизводительностью***, или ***холодильным эффектом*** установки.

Очевидно, q_2=пл.5-1-1′-5′=i_1-i_5=i_1-i_4. Количество теплоты q_1, отдаваемой 1кг рабочего тела в конденсаторе (по абсолютной величине), измеряется площадью под кривой процесса 2-3-4, т.е.

q_1= пл. 2-3-4-6′-1′=i_2-i_4. Внешняя работа, затрачиваемая в цикле холодильной установки на 1 кг рабочего тела:

$$A = q_1 - q_2 = i_2 - i_4 - i_1 = i_2 - i_1, \text{ кДж.} \qquad (7.1)$$

Разность i_2-i_1, представляет собой внешнюю работу, которую необходимо затратить для получения 1 кг сжатого тела в идеальном компрессоре.

В холодильных установках применяют дроссельный вентиль, а не детандер (расширительный цилиндр), так как потеря эффективности установки от этого не так уж значительна, но зато, регулируя степень открытия вентиля, легко получить требуемое падение давления, а значит, и необходимую температуру в охлаждаемом помещении. Например, для получения температуры -10°С при t_{H2}=20°С различные хладоагенты нужно дросселировать до определенных давлений.

Показателем энергетической эффективности холодильных установок служит ***холодильный коэффициент*** ε, представляющий собой отношение удельной холодопроизводительности q_2 к внешней работе A цикла, т.е.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{A} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}. \qquad (7.2)$$

Чем больше холодильный коэффициент, тем экономичнее будет установка, так как при той же затрате работы холодопроизводительность q_2 будет больше или при том же значении q_2 потребуется затратить меньше энергии для работы компрессора.

Действительный цикл парокомпрессорной установки отличается от теоретического тем, что из-за наличия внутренних потерь на трение в компрессоре сжатие происходит не по адиабате, а по политропе. В результате увеличивается затрата работы в компрессоре и снижается холодильный коэффициент.

К рабочим телам, применяемым в холодильных установках, предъявляется ряд особых требований, вследствие чего значительно сокращается число возможных хладоагентов:

- давление насыщенных паров хладоагента, соответствующее требуемым температурам, должно быть выше атмосферного или близким к нему, так как легче бороться с утечкой хладагента, чем с подсосом воздуха при вакууме;
- нежелательно высокое давление пара при температуре конденсации, так как требуется большая плотность соединений во избежание утечки хладоагента;
- холодильные агенты должны иметь большую теплоту парообразования, ибо она определяет холодопроизводительность в парокомпрессорных установках;
- рабочее давление хладоагентов при обычно применяемой на практике температуре от -30 до +30°С должно быть значительно ниже критического. Критическая температура должна быть высокой;
- хладоагенты не должны обладать коррозирующими свойствами и образовывать со смазкой химические соединения, нарушающие нормальную работу машины;
- хладоагенты не должны оказывать вредного воздействия на обслуживающий персонал при неизбежных на практике небольших утечках их паров.

Широкое применение в качестве хладоагентов получили ***фреоны*** – галоидные производные насыщенных углеродов (C_mH_n), полученные путем замены атомов водорода атомами хлора и фтора.

В холодильных установках в качестве холодильного агента используют обычно фреон-12. Поэтому число 12 в названии этого хладоагента иногда не пишется, а под словом «фреон» имеется в виду фреон-12. В перспективе в качестве хладоагентов будут широко применяться фреон-22 и фреон-142.

Преимущество фреонов – относительная безвредность, химическая инертность, негорючесть и взрывобезопасность, а недостатки – низкая вязкость, способствующая утечкам, а также свойство фреона и масла растворятся друг в друге.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- изучить роль искусственного холода в сельском хозяйстве;
- знать простейший способ получения искусственного холода;

- выполнить схему паровой компрессорной холодильной установки и её теоретический цикл в *T,s*-координатах;
- изучить принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и её теоретический цикл в *T,s*-координатах;
- изучить требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок;
- изучить преимущества фреонов как рабочих тел холодильных установок.

Результаты проведения занятий

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- типы холодильных установок;
- простейший способ получения искусственного холода;
- принцип работы паровой компрессорной холодильной установки;
- требования, предъявляемые к рабочим телам;
- преимущества фреонов перед другими рабочими телами;

а также **уметь**:

- читать идеальный цикл паровой компрессорной холодильной установки в *T,s*-диаграмме.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается простейший способ получения искусственного холода?
2. Назовите основные типы холодильных установок.
3. Какие вещества применяются в качестве холодильных агентов? Каким требованиям они должны удовлетворять?
4. Какой идеальный цикл взят за основу в паровой компрессорной холодильной установке?
5. Рассказать принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и ее идеальный цикл в *T,s*-диаграмме.
6. Для чего в холодильных установках применяется незамерзающий рассол? Какие вещества используется для получения рассола?
7. Что называется холодильным эффектом?
8. Что такое холодильный коэффициент и для чего он служит?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ТРУБЫ ПРИ СВОБОДНОМ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА

Цель работы: экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи при свободном движении воздуха, определение связи между общим коэффициентом теплоотдачи, коэффициентом теплоотдачи излучением (лучеиспусканием) и соприкосновением (конвекцией).

Общие сведения

Теплоотдачей называется процесс теплообмена между поверхностью твердого тела и окружающей жидкой или газообразной средой. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя имеет место при нагревании воздуха отопительными приборами, в паровых и водогрейных котлах, в различных тепловых установках.

Количество теплоты, отданное телом воздуху при конвективном теплообмене определяется по формуле Ньютона-Рихмана:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot \left(T_C - T_B\right), \text{ кДж}, \tag{8.1}$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·К);

F – поверхность теплообмена, м^2;

T_C и T_B – температуры поверхности стенки и окружающей среды, К.

Тогда коэффициент теплоотдачи равен:

$$\alpha = \frac{Q}{F \cdot \left(T_C - T_B\right)}. \tag{8.2}$$

Теплота, отдаваемая поверхностью тела в окружающую среду, складывается из теплоты, передаваемой непосредственно соприкосновением среды с поверхностью тела (конвекцией), и из теплоты, передаваемой путем теплового излучения. В связи с этим суммарный коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha_{сум} = \alpha_c + \alpha_л. \tag{8.3}$$

Тепловой поток, передаваемый путем теплового излучения по закону Стефана-Больцмана:

$$Q_Л = C_0 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_C}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_В}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт}, \qquad (8.4)$$

где C_0 – коэффициент теплового излучения абсолютно черного тела; $C_0 = 5{,}67$ Вт/(м^2·К^4);

ε – степень черноты поверхности тела (таблица 8.1).

Таблица 8.1

Степень черноты полного излучения некоторых материалов

Наименование материала	Температура, °С	Степень черноты
Алюминий с шероховатой поверхностью	26	0,055
Железо полированное	40…260	0,07…0,10
Сталь листовая окисленная	40	0,8
Чугунное литьё	40	0,81

Коэффициент теплоотдачи излучением определяется из уравнения

$$Q_Л = \alpha_Л \cdot F \cdot (T_C - T_В). \qquad (8.5)$$

Коэффициент теплоотдачи соприкосновением зависит от многих факторов: температуры и шероховатости тела, температуры и скорости движения воздуха и др.

Чтобы исследовать влияние на процесс конвективного теплообмена какого-либо фактора, остальные факторы нужно сохранять неизменными, что затруднено из-за большого числа переменных. Эти трудности разрешает теория подобия, с помощью которой размерные физические величины объединяются в безразмерные комплексы. При этом число комплексов меньше числа величин, из которых они составлены.

Таким образом, достаточно найти зависимость между определенными безразмерными комплексами величин, характерных для данного случая теплообмена. Эти комплексы называются ***критериями подобия***.

Такими критериями подобия для случая естественной конвекции являются следующие:

- критерий ***Нуссельта*** или критерий теплоотдачи:

$$N_U = \frac{\alpha_C \cdot l_0}{\lambda_B}, \tag{8.6}$$

где l_0 – определяющий линейный размер, м;

λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К) (таблица 8.2);

- критерий ***Прандтля*** или критерий физических свойств жидкости:

$$Pr = \frac{\nu_B}{a_B}, \tag{8.7}$$

где a_B – коэффициент температуропроводности, м^2/с;

ν_B – кинематическая вязкость, м^2/с (таблица 8.2).

Таблица 8.2

Физические параметры сухого воздуха при давлении 101,3 кПа

Температура, К	$\lambda \cdot 10^2$ Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$ м^2/с	$\nu \cdot 10^6$ м^2/с	Pr
273	2,442	19,4	13,28	0,707
283	2,512	20,7	14,16	0,705
293	2,593	22,0	15,06	0,703
303	2,675	23,4	16,00	0,701
313	2,756	24,8	16,96	0,699
323	2,826	26,3	17,95	0,698
333	2,896	27,6	18,97	0,696
343	2,966	29,2	20,02	0,694
353	3,047	30,6	21,09	0,692
363	3,128	32,2	22,10	0,690
373	3,210	33,6	23,13	0,688

- критерий ***Рейнольдса*** или критерий характера движения жидкости:

$$Re = \frac{w_0 \cdot l_0}{\nu_B}, \qquad (8.8)$$

где w_0 – средняя (линейная) скорость жидкости, м/с.

- критерий ***Грасгофа*** или критерий подъемной силы:

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot l_0^3}{T_B \cdot \nu_B^2}, \qquad (8.9)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2;

ΔT – расчетный температурный напор, град:

$$\Delta T = T_C - T_B, \text{ К}, \qquad (8.10)$$

где T_B – определяющая температура для выбора λ, ν, Pr.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа состоит (рис. 8.1) из вертикальной *1* и горизонтальной *4* труб, выполненных из нержавеющей стали, внутри которых находятся электронагреватели (ТЭНы). Диаметр труб d=0,045 м, длина труб l=0,5 м.

Температуру поверхности каждой трубы измеряют в трёх точках термопарами t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, подключаемыми поочередно переключателем *3* к мультиметру *7*. Температура окружающей среды замеряется термопарой t_7. Данная лабораторная работа позволяет определять коэффициент теплоотдачи при свободном движении воздуха как вертикальной трубы, так и горизонтальной. Для переключения нагрузки с вертикальной трубы на горизонтальную предназначен переключатель силовой линии *2*. Автотрансформатор *6* подключен к сети переменного тока напряжением 220В, он позволяет регулировать степень нагрева труб.

Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться с лабораторной установкой и изучить ее схему. Выбрать трубу (вертикальную или горизонтальную) для

проведения опыта и определения коэффициента теплоотдачи, установив переключатель *2* в нужное положение;

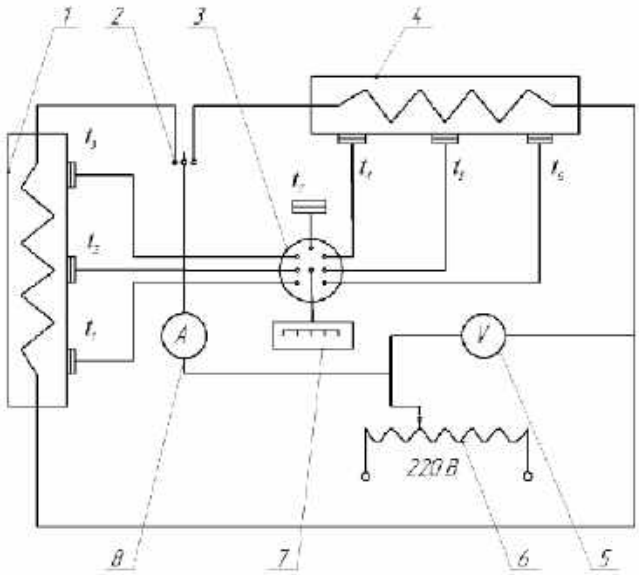


Рис. 8.1. Схема установки для определения коэффициента теплоотдачи воздуха:
1 – вертикальная труба с ТЭНом; 2 – переключатель силовой линии; 3 – переключатель датчиков температуры; 4 – горизонтальная труба с ТЭНом; 5 – вольтметр; 6 – трансформатор; 7 – мультиметр; 8 – амперметр; t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 – датчики температуры (термопары)

- прогреть трубу до стационарного режима. Для этого включить установку в сеть, трансформатором установить на нагревателе напряжение 90В, нагреть установку до температуры наружной поверхности трубы 60°С и трансформатором установить напряжение 30В;
- через 5 минут, при достижении стационарного режима, измерить в трёх точках температуру поверхности трубы, а также напряжение, силу тока и температуру окружающего воздуха. Результаты измерений занести в протокол испытания (таблица 8.3). Измерения необходимо провести три раза с интервалом 5 минут;

Таблица 8.3

Протокол испытания

№№ пп	I (А)	U (В)	Температура воздуха t_B, °С	Температура поверхности стенки t_C, °С		
			t_7			
1						
2						
3						
Среднее						

- определить площадь поверхности трубы F (м^2);
- определить полный тепловой поток Q (Вт), излучаемый поверхностью теплоотдачи по уравнению

$$Q = U_{cp} \cdot I_{cp} \text{ , Вт,} \qquad (8.11)$$

- определить полный коэффициент теплоотдачи α (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.2);
- определить тепловой поток, передаваемый путем теплового излучения $Q_Л$ (Вт), по закону Стефана-Больцмана из уравнения (8.4);
- определить коэффициент теплоотдачи $\alpha_Т$ (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.5);
- определить критерий Грасгофа Gr из уравнения (8.9);
- определить режим движения воздуха по величине произведения $(Gr \cdot Pr)$: если $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$, то режим движения ламинарный; если $Gr \cdot Pr > 10^9$, то режим движения турбулентный.
- определить критерий Нуссельта:

для ламинарного режима движения:

$$Nu = 0{,}76 \cdot (Gr_B \cdot \mathrm{Pr}_B)^{0{,}25} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_B}{\mathrm{Pr}_{CT}} \right)^{0{,}25}, \qquad (8.11)$$

для турбулентного режима движения:

$$Nu = 0{,}15 \cdot \left(Gr_B \cdot \mathrm{Pr}_B\right)^{0{,}33} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_B}{\mathrm{Pr}_{CT}}\right)^{0{,}25}; \qquad (8.12)$$

- определить коэффициент теплоотдачи соприкосновением α_c (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.6);
- определить суммарный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{СУМ}$ (Вт/(м^2·К) из уравнения (8.3);
- сравнить суммарный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{СУМ}$, с коэффициентом теплоотдачи α, определенный по формуле (8.2).

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- закон Ньютона-Рихмана;
- коэффициент теплоотдачи и факторы, влияющие на него;
- теорию подобия и критериальные уравнения;
- критерии подобия и их уравнения;

а также **уметь**:

- определять суммарный коэффициент теплоотдачи на лабораторной установке;
- пользоваться теорией подобия для определения коэффициента теплоотдачи соприкосновением;
- определять коэффициент теплоотдачи излучением.

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
2. Какие факторы влияют на коэффициент теплоотдачи?
3. Как упрощает теория подобия методику по определению коэффициента теплоотдачи?
4. Какова сущность критериев подобия?
5. Какой вид имеет критериальное уравнение при свободном конвективном теплообмене?
6. Какая температура называется определяющей при выборе физических параметров воздуха?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Цель работы: определить коэффициенты теплопередачи рекуперативного теплообменного аппарата для прямотока и противотока.

Общие сведения

Теплообменные аппараты предназначены для передачи теплоты от одной среды к другой. Различают регенеративные, рекуперативные и смесительные теплообменные аппараты.

В ***регенеративных*** теплообменных аппаратах горячий и холодный теплоносители по очереди омывают одну и ту же поверхность теплообмена, которая называется аккумулятором теплоты.

В ***рекуперативных*** теплообменных аппаратах перенос теплоты осуществляется через разделяющую теплоносители стенку.

В ***смесительных*** теплообменных аппаратах теплота передается в процессе смешивания теплоносителей.

Прямоток – движение двух теплоносителей в теплообменном аппарате параллельно друг другу в одном и том же направлении.

При ***противотоке*** теплоносители движутся параллельно друг другу в противоположных направлениях.

Тепловой поток (Вт), воспринимаемый вторичным теплоносителем водонагревателя через цилиндрическую поверхность теплообмена длиной l (м), определяют из уравнения теплопередачи:

$$Q = \pi \cdot k_l \cdot l \cdot \Delta t_{cp}, \text{ Вт}, \qquad (9.1)$$

где k_l – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·К);

Δt_{cp} – средний температурный напор по всей поверхности теплообмена, °С.

Числовое значение линейного коэффициента теплопередачи определяет количество теплоты, передаваемой в единицу времени через один погонный метр трубы при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в один градус.

Линейный коэффициент теплопередачи k_l (Вт/(м К)) при установившемся тепловом состоянии определяют по формуле:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}, \text{ Вт/(м К)}, \qquad (9.2)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи на горячей и холодной стороне трубы, Вт/(м^2·К);

λ – коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/(м·К);

d_1 и d_2 – внутренний и наружный диаметры трубы, м.

Средний температурный напор равен:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\ln \frac{\tau_1}{\tau_2}}, \text{ °C}, \qquad (9.3)$$

где τ_1 и τ_2 – разности между температурами теплоносителей с одной и второй стороны теплообменного аппарата, °С.

Значения τ_1 и τ_2 определяют (рис. 9.1) по формулам:

для прямотока $\tau_1 = t_1' - t_2', \qquad \tau_2 = t_1'' - t_2''$; (9.4)

для противотока $\tau_1 = t_1' - t_2'', \qquad \tau_2 = t_1'' - t_2'$, (9.5)

где t_1' и t_1'' – начальная и конечная температуры горячего теплоносителя, °С;

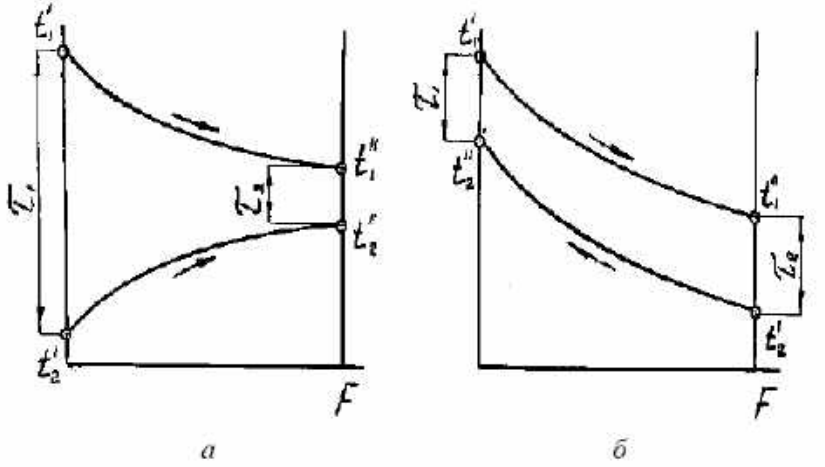
t_2' и t_2'' – начальная и конечная температуры холодного теплоносителя, °С.

Значение Q из уравнения (9.1) можно определить также из формулы теплового баланса:

$$Q = m_{1\tau} \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') = m_{2\tau} \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2'), \text{ Вт}, \qquad (9.6)$$

где $m_{1\tau}$ и $m_{2\tau}$ – массовые расходы горячего и холодного теплоносителей, кг/с;

c_1 и c_2 – удельные массовые теплоемкости теплоносителей. Для воды c=4,19 кДж/(кг·К).



а *б*

Рис. 9.1. Характер изменения температур рабочих жидкостей:
а – при прямотоке; *б* – при противотоке

Приравнивая правые части уравнений (9.1) и (9.6), находим выражение для определения коэффициента теплопередачи водонагревателя:

$$k_l = \frac{m_{2\tau} \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2')}{\pi \cdot l \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ Вт/(м·К)}. \qquad (9.7)$$

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 9.2) выполнена в виде простейшего водоводяного теплообменника, состоящего из двух труб длиной l=1140 мм (латунной и полипропиленовой, помещенных одна в другую). Циркуляционный контур горячей воды включает в себя электрический водонагреватель *5*, латунную трубу теплообменника *2*, центробежный насос 6 и расширительный сосуд *1*.

Холодная вода, поступающая через вентиль *B5*, фильтр *4* и расходомер *3*, нагревается в пространстве между трубками теплообменника и стекает в канализацию. При работе установки по прямоточной схеме движения теплоносителей открыты вентили *B1*, *B3* и *B5*, по противоточной схеме – вентили *B2*, *B4* и *B5*.

Массовый расход нагреваемой воды измеряют при помощи расходомера *3* и секундомера. Для замера температуры горячего и холодного теплоносителей на входе и выходе используются термометры сопротивления t_1, t_2, t_3 и t_4.

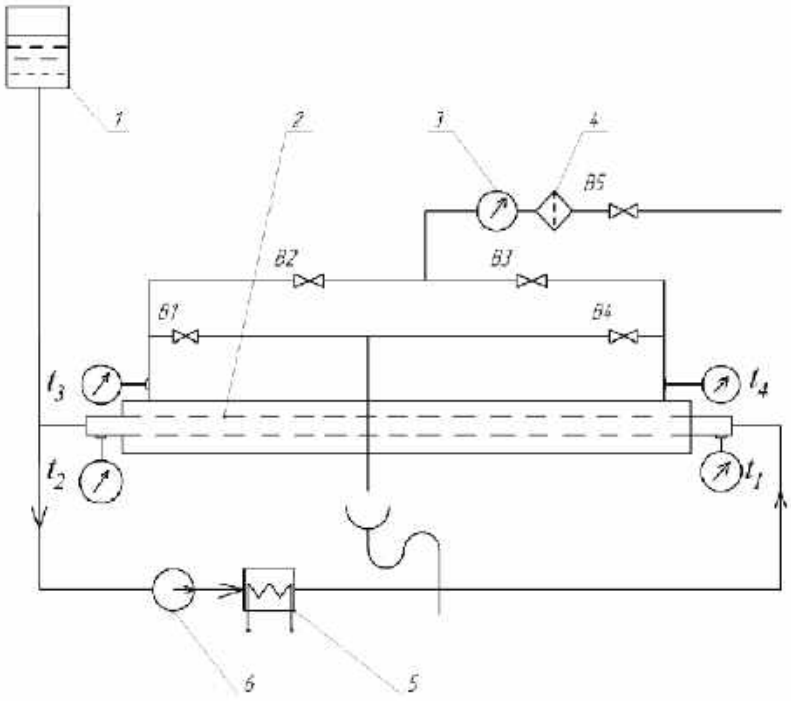


Рис. 9.2. Схема установки по испытанию теплообменного аппарата:
1 – расширительный сосуд; 2 – теплообменник; 3 – расходомер; 4 – фильтр; 5 – электрический водонагреватель; 6 – насос; *B1, B2, B3, B4, B5* – вентили; t_1, t_2, t_3, t_4 – термометры

Порядок выполнения работы

При испытании установки на прямотоке выполнить следующие операции:

- открыть последовательно вентили *B1*, *B3* и *B5* для пуска холодной воды в установку;
- включить электрический водонагреватель *5* и насос *6*, прогреть установку до наступления установившегося режима, характеризующегося постоянством во времени температуры горячей

воды. На входе в подогреватель температура горячей воды должна быть в пределах 58…60°С;

- определить время расхода 2 л холодного теплоносителя.

Таблица 9.1

Протокол испытаний

Схема движения теплоносителей	№ Опыта	τ, сек	m_2 кг	$m_{2\tau}$ кг/с	Температура теплоносителя				Δt_{cp} град	k_1 Вт/(м·К)
					горячего		холодного			
					t'_1	t''_1	t'_2	t''_2		
Прямоток	1		2	-					-	-
	2		2	-					-	-
	3		2	-					-	-
	среднее		2							
Противоток	1		2	-					-	-
	2		2	-					-	-
	3		2	-					-	-
	среднее		2							

В протокол записать: продолжительность опыта τ, показания температур горячего и холодного теплоносителей при входе и выходе в теплообменный аппарат. Опыт повторить три раза.

При испытании установки на противотоке выполнить следующие операции:

- открыть вентили *B2* и *B4* и закрыть вентили *B1* и *B3*. Добиться установившегося режима;
- провести три опыта по методике, изложенной для прямотока;
- по окончании испытаний на противотоке отключить электронагреватель и насос и закрыть вентиль *B5*.

Определить средние температурные напоры, используя средние значения температур теплоносителей Δt_{cp} для прямотока и противотока.

Определить секундные расходы холодного теплоносителя по выражению $m_{2\tau} = \dfrac{m_2}{\tau}$ для прямотока и противотока.

Определить коэффициент теплопередачи k при работе на прямотоке и противотоке по уравнению (9.7).

Выполнить в масштабе температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов по опытным данным (рис. 9.1).

Дать анализ значений k и Δt_{cp}, полученных для прямотока и противотока.

Результаты проведения занятия

После выполнения работы студент должен **знать:**

- типы теплообменных аппаратов;
- виды движения теплоносителей;
- уравнения теплопередачи, теплового баланса;
- температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов;

а также **уметь:**

- определять средний температурный напор для прямоточного и противоточного движения теплоносителей;
- определять линейный коэффициент теплопередачи;
- строить температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов по опытным данным;
- анализировать результаты полученных опытных данных.

Контрольные вопросы

1. Какова физическая сущность коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата?
2. Как графически изображается изменение температуры теплоносителей в прямоточном и противоточном теплообменных аппаратах?
3. В чем преимущество противоточной системы по сравнению с прямоточной?
4. Как определить средний температурный напор по всей поверхности нагрева?
5. Какие уравнения используются при расчете теплообменных аппаратов?
6. Какой теплообменный аппарат называют рекуперативным, регенеративным, смесительным?
7. В чём различие определения коэффициента теплопередачи теоретическим и опытным путём?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ГРАДУИРОВКА ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ

Цель работы: изучить способы и средства измерения температуры в технологических производственных процессах, познакомиться с характеристиками качества измерительных приборов, изучить принцип работы и устройство термометра сопротивления, выполнить его градуировку.

Общие сведения

В технологических производственных процессах теплотехнические измерения служат для повседневного контроля над работой агрегатов, а также для проведения испытаний и наладочных работ. Качество измерительных приборов определяется точностью показателей, чувствительностью и инерционностью.

Точность характеризует отклонение показания прибора от действительного значения измеряемой величины.

Чувствительностью прибора называется отношение линейного или углового перемещения стрелки прибора к изменению значения измеряемой величины, вызвавшему это перемещение.

Инерционностью называется время от момента изменения измеряемой величины до момента отклонения стрелки прибора.

Погрешностью измерения называется числовая ошибка, возникающая при измерениях.

Абсолютная погрешность (Δ) определяется разностью между показанием прибора ($X_п$) и действительным (истинным) значением измеряемой величины ($X_д$), т.е. применительно к термометру:

$$\Delta = X_п - X_д, \text{ °C}. \qquad (10.1)$$

Относительная погрешность показания прибора (δ) – это отношение абсолютной погрешности (Δ) к истинному значению измеряемой величины ($X_д$), т.е.

$$\delta = \frac{\Delta}{X_д}. \qquad (10.2)$$

Допускаемая норма погрешности для технических измерений называется ***допустимой погрешностью***. В зависимости от размера относительной допустимой погрешности всем приборам согласно ГОСТ 13600-68 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений. Классы точности. Общие требования» присваивается класс точности: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0, что соответствует допустимой погрешности прибора ±0,2%, ±0,5%, ±1,0% и т.д.

В зависимости от назначения приборы делятся на три категории: рабочие, образцовые и эталоны.

Рабочие приборы служат для повседневных измерений.

Образцовые приборы предназначены для проверки градуировок рабочих приборов и должны иметь погрешность в 4…5 раз меньше допустимой погрешности испытуемого прибора.

Эталонами называются измерительные приборы, служащие для поверки приборов высшего разряда и хранения единиц измерения с наивысшей точностью.

Приборы и устройства для измерения температуры

Жидкостные стеклянные термометры расширения применяют для измерения температур от -200 до +750°С. Для заполнения жидкостных термометров используют ртуть, этиловый спирт, керосин, толуол, пентан и др.

В ***манометрических термометрах*** используют зависимость между температурой и давлением рабочего вещества в замкнутой герметичной системе. В качестве рабочего вещества могут применять жидкости (ртуть, ксилол, метиловый спирт), газы (азот, аргон и др.), пары легкокипящих жидкостей (метилхлорид, этилхлорид, ацетон и др.) В зависимости от рабочего вещества термосистемы их применяют для измерения температуры от -150 до +1000°С.

Термоэлектрический пирометр состоит из электроизмерительного прибора и подключенной к нему термопары. Принцип действия термопары основан на том, что в спае двух разнородных проводников при нагревании возникает термоэлектродвижущая сила (т.э.д.с.), которая зависит от материала проводников и температуры спая.

Промышленностью выпускаются следующие термопары:

- платина-платинородиевые ТПП (для измерения температур до 1600°С длительно и 1900°С кратковременно);

- хромель-алюмелевые ТХА (для измерения температур от -50 до +1000 °С длительно и до 1300 °С кратковременно);
- хромель-копелевые ТХК (для измерения температур от -50 до +600°С длительно и до 800°С кратковременно);
- медь-константовые ТМК (до 350°С длительно и до 500°С кратковременно).

Пирометры излучения применяют при измерении температур от 300 до 6000°С и выше. Их действие основано на использовании различных свойств теплового излучения тел. С увеличением температуры нагретого тела и изменением его цвета возрастает интенсивность (яркость) излучения, а также количество энергии, излучаемой телом (радиации). Эти свойства нагретых тел используют для измерения их температуры. В зависимости от принципа действия пирометры излучения делятся на оптические и радиационные.

Биметаллические термометры состоят из биметаллической пластинки, сваренной из двух слоев металлов с различными коэффициентами линейного расширения, и измерительного прибора. При измерении температуры окружающей среды биметаллическая пластинка изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения, а угол изгиба зависит от изменения температуры.

Электрические термометры сопротивления применяют для измерения температур от -260 до +750°С. Принцип действия этих приборов основан на свойстве проводников изменять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Чувствительный элемент прибора представляет собой катушку из тонкой проволоки, которую для защиты от механических повреждений заключают в защитную гильзу. Для измерения сопротивления чувствительного элемента его включают в уравновешивающий мост (рис. 10.2) или используют потенциометры и логометры.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 10.1) состоит из камеры нагревания *1*, в которой помещены термометр сопротивления *2* и ртутный термометр *3*, являющийся образцовым. Температуру в камере изменяют с помощью нагревателя *5*.

Термометр сопротивления подключен к измерительному уравновешивающему мосту *4*.

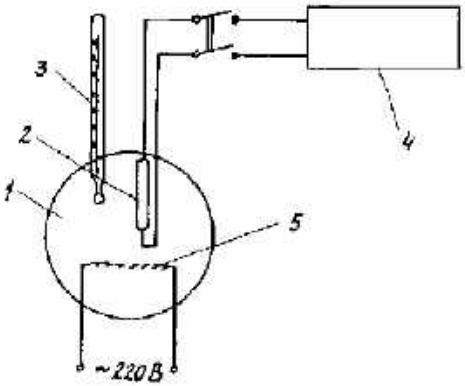


Рис. 10.1. Схема лабораторной установки:
1 – камера нагрева; 2 – термометр сопротивления; 3 – ртутный термометр;
4 – уравновешивающий мост; 5 – нагреватель

В уравновешивающем мосту (рис. 10.2) сопротивления R_1, R_2 и R_3 постоянные, R_t – термометр сопротивления, R_p – реохорд.

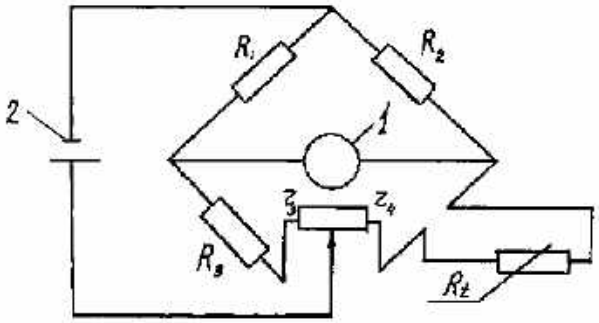


Рис. 10.2. Принципиальная схема термометра сопротивления
с уравновешивающим мостом:
1 – гальванометр; 2 – источник постоянного тока

При изменении температуры изменяется сопротивление чувствительного элемента R_t, при этом нарушается равновесие моста, что фиксируется гальванометром *1*. Измерение температуры можно производить со шкалы гальванометра, проградуированной в градусах Цельсия, или со шкалы реохорда. В этом случае перед

каждым измерением необходимо мост балансировать. Питание прибора осуществляется от источника постоянного тока *2*. Для изготовления чувствительных элементов применяют платину, никель, железо, вольфрам, молибден, медь.

Градуировка термометра сопротивления заключается в снятии зависимости между температурой и электрическим сопротивлением.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться с устройством термометра сопротивления;
- ознакомиться с лабораторной установкой;
- до включения нагревательного шкафа измерить температуру в камере нагрева ртутным термометром и сопротивление с помощью уравновешивающего моста. Результаты измерений внести в протокол испытаний;
- включить нагреватель в сеть и измерять сопротивления через каждые 10°С при следующих значениях температуры (20, 30, 40, … , 80°С). Данные измерений занести в протокол испытаний (табл. 10.1);

Таблица 10.1

Протокол испытаний

Показатели ртутного термометра, °С	$t_и$	20	30	40	50	60	70	80
Величина сопротивления, Ом	$R_{ти}$							

- определить температурный коэффициент сопротивления α_t из формулы (10.3):

$$R_{тк} = R_{тн} \cdot \left[1 + \alpha_t \cdot (t_к - t_н)\right], \qquad (10.3)$$

где $R_{тн}$ и $R_{тк}$ – сопротивление термометра при начальной и конечной температурах, Ом;

$t_н$ и $t_к$ – соответственно начальное и конечное значение показаний термометра, °С;

- зарисовать принципиальную схему термометра сопротивления с уравновешивающим мостом (рис. 10.2);

- построить график градуировки термометра сопротивления. Чтобы погрешность при работе с графиком была минимальная, градуировочную линию необходимо построить под углом 45°. Для этого масштабы температуры и сопротивления нужно выбрать так, чтобы рабочие длины шкалы ординат и шкалы абсцисс были одинаковы;
- дать анализ графика и сделать вывод по работе.

Результаты проведения работы

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- способы и средства измерения температуры в технологических производственных процессах;
- показатели, характеризующие качество измерительных приборов;
- классы точности приборов;

а также **уметь**:

- правильно подбирать измерительные приборы в зависимости от заданной точности измерения;
- измерять температуру различных тел;
- выполнить градуировку термометра сопротивления.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия термометров расширения, манометрических термометров, термоэлектрических пирометров, пирометров излучения, биметаллических термометров и термометров сопротивления.
2. Какими показателями характеризуется качество измерительных приборов?
3. В чем заключается разница между абсолютной и относительной погрешностями?
4. Укажите классы точности приборов, применяемых при лабораторных исследованиях.
5. Сделайте сравнительный анализ использования различных приборов для измерения температуры.
6. Назовите достоинства и недостатки термометров сопротивления.
7. Какими измерительными приборами производится измерение сопротивления термометра?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11
ТЕПЛОВОЙ СЧЁТЧИК.
УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Цель работы: изучить принцип измерения тепловой энергии в системах водяного теплоснабжения, устройство и принцип работы теплового счётчика.

Общие сведения

Теплосчётчик предназначен для измерения количества тепловой энергии и теплоносителя в системах водяного теплоснабжения, в системах горячего водоснабжения (ГВС), и количества воды в системах холодного водоснабжения (ХВС).

Теплосчётчик обеспечивает:

- программное конфигурирование системы измерения и алгоритмов расчёта с учётом типа контролируемой системы теплопотребления или источника тепловой энергии, и количества каналов измерения объёмного расхода, температуры и давления теплоносителя;
- ввод в память тепловычислителя ТВ и использование в расчётах договорных значений температуры холодной воды;
- ввод и редактирование градуировочных коэффициентов и параметров ВЭПС-М, ДТ и ДД;
- защиту архивных данных и параметров настройки от несанкционированного доступа;
- защиту от сбоев аппаратного и программного обеспечения ТВ и автоматическую диагностику неисправностей и нештатных ситуаций.

Конфигурирование системы измерения и алгоритмов расчёта, ввод договорных значений температуры холодной воды, редактирование градуировочных коэффициентов и параметров осуществляется как с клавиатуры ТВ, так и с персонального компьютера ПК через интерфейс RS-232.

Теплосчётчик обеспечивает вывод на жидкокристаллический индикатор тепловычислителя следующей информации:

- накопление количества тепловой энергии;
- накопление массы теплоносителя (нарастающим итогом);
- значение тепловой мощности, текущего значения температуры, объёмного и массового расходов теплоносителя;
- разности температур в подающем и обратном трубопроводах;

- давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;
- плотности и энтальпии теплоносителя в трубопроводах;
- скорости потока теплоносителя в проточных частях ВЭПС-М;
- времени наработки и текущего времени в энергонезависимом таймере реального времени.

Теплосчётчик обеспечивает архивирование следующей информации:

- почасового и посуточного количества тепловой энергии (нарастающим итогом);
- почасовых значений температуры теплоносителя и почасовых значений разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;
- почасовой и посуточной накопленной массы и объёма теплоносителя (нарастающим итогом);
- почасовой и посуточной тепловой мощности теплоносителя;
- почасового и посуточного массового и объёмного расхода теплоносителя;
- времени наработки (нарастающим итогом);
- коды неисправностей и нештатных ситуаций.

Глубина архива составляет: почасового – не менее 1080 часов (45 суток); посуточного – не менее 90 суток. Данные архива могут быть просмотрены на ЖКИ ТВ, распечатаны на принтере и считаны в ПК по интерфейсу RS-232. При отключении питания архивные данные, градуировочные коэффициенты ВЭПС-М, ДТ и ДД, а также параметры настройки теплосчётчика сохраняются в течение всего срока службы, а измеренные параметры теплоносителя – не менее двух лет при соблюдении правил хранения и транспортировки.

Устройство и принцип действия теплосчётчика

Теплосчётчик представляет собой многофункциональную многоканальную систему, которая выполняет измерение, регистрацию, обработку, хранение и передачу результатов измерений (через интерфейс) параметров и количества теплоносителя, количества тепловой энергии в одной, двух или трёх системах теплопотребления, или на одном источнике тепла.

Принцип действия теплосчётчика (рис. 11.1) основан на измерении объёмного расхода, температуры и давления теплоносителя в трубопроводах системы теплоснабжения с последующим расчётом массы теплоносителя, тепловой мощности и накопленной тепловой энергии по алгоритмам, соответствующим контролируемой системе.

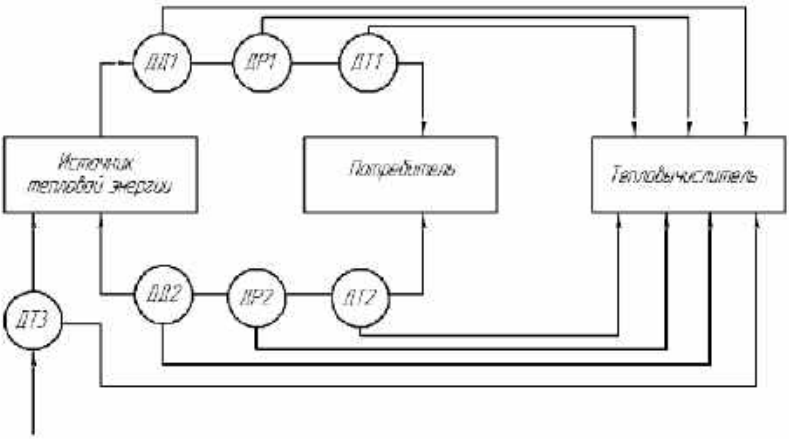


Рис. 11.1. Схема теплопотребления с датчиками ТВ: ДД1, ДД2 – датчики давления; ДТ1, ДТ2, ДТ3 – датчики температуры; ДР1, ДР2 – датчики объёмного расхода

Каналы теплосчётчика для измерения расхода, температуры и давления теплоносителя состоят из преобразователя, линии связи и канала ТВ для измерения соответствующего параметра теплоносителя.

Объёмный расход теплоносителя измеряют вихревым электромагнитным преобразователем объёмного расхода ВЭПС-М, который состоит из вихревого электромагнитного преобразователя (ВЭП) и усилителя формирователя импульсов (УФИ).

ВЭП с внутренним условным диаметром Ду 20, 25, 32, 40, 50, 80, 100, 150 мм представляет собой отрезок трубы из нержавеющей немагнитной стали марки 12Х18Н10Т с узлами крепления, внутри которого размещено тело обтекания призматической формы (рис. 11.2). За телом обтекания по направлению движению потока жидкости расположен сигнальный электрод. На внешней

стороне стенки трубы расположен контейнер с постоянным магнитом и стойка, на которой крепится коробка с УФИ.

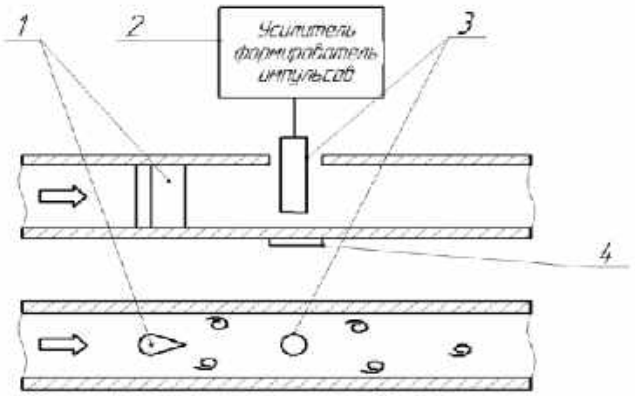


Рис. 11.2. Вихревой электромагнитный преобразователь объёмного расхода ВЭПС-М:
1 – тело обтекания; 2 – усилитель формирователь импульсов; 3 – сигнальный электрод; 4 – постоянный магнит

Принцип действия ВЭПС-М заключается в следующем. При движении жидкости в проточной части ВЭПС-М на передней стороне тела обтекания *1* создаётся повышенное, а на задней – пониженное давление. Пограничный слой, обтекающий это тело, отрывается от него и под влиянием пониженного давления за телом обтекания изменяет направление движения, образуя вихрь. Образование вихрей с одной и с другой стороны тела обтекания происходит поочерёдно, образуя за ним вихревую дорожку Кармана. Вихри, следующие в потоке пропорционально скорости движения жидкости, регистрируются электродом *3*, находящемся в поле постоянного магнита *4*. Наведённая электродвижущая сила с частотой вихреобразования поступает с электрода по линии связи на вход УФИ *2*, который усиливает и формирует частотно-импульсный электрический сигнал.

Температуру теплоносителя измеряют ДТ, в качестве которых используют платиновые термопреобразователи сопротивлений ТСП, подключаемые к ТВ по четырёхпроводной схеме. Для защиты ТСП от разрушения при больших скоростях потока теплоносителя их помещают в защитную гильзу на трубопроводе.

Давление теплоносителя измеряют датчиком давления ДД, который преобразует измеряемое давление в унифицированный сигнал постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА.

Тепловычислитель ТВ теплосчётчика выполнен в пластмассовом корпусе, внутри которого расположена печатная плата микропроцессора. К ней ленточным кабелем подключены двухстрочный шестнадцатиразрядный ЖКИ и клавиатура, расположенные на лицевой панели. На левой стенке размещён разъём интерфейса RS-232. Кабели от ДР, ДТ и ДД подводятся к клеммным колодкам через гермовводы, расположенные на нижней стенке корпуса.

Кроме этого в тепловычислитель ТВ входят следующие узлы:

- центральный процессор с энергонезависимой памятью и вспомогательными схемами;
- таймер реального времени;
- супервизор питания;
- четыре гальванически развязанных источника питания;
- источник резервного питания.

Работа ТВ управляется центральным процессором на основе алгоритмов, записанных в постоянной памяти (ПЗУ). В энергонезависимой памяти хранятся введённые параметры, характеризующие конкретный узел учёта: конфигурация узла учёта, наличие тех или иных преобразователей и их градуировочные параметры. Введённые параметры могут быть выведены на ЖКИ или ПК, вычисленные параметры могут быть выведены на ЖКИ, принтер или ПК. Настройка ТВ и управление работой теплосчётчика осуществляется с клавиатуры или с ПК через интерфейс RS-232.

Тепловую энергию, потреблённую в открытых системах теплоснабжения, определяют как результат косвенных измерений по уравнению (11.1)

$$Q = M_1 \cdot (h_1 - h_x^x) - M_2 \cdot (h_2 - h_x^k), \text{ ГДж}, \qquad (11.1)$$

где M_1 и M_2 – масса теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, т;

h_1 и h_2 – энтальпия теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, ГДж/т;

h_x^x – условное (договорное с энергоснабжающей организацией) значение энтальпии холодной воды, ГДж/т.

Значение энтальпии и плотности определяются методом линейной интерполяции хранящихся в памяти ТВ значений энтальпий и плотности воды при давлении 0,5 МПа для температур в диапазоне от 5 до 150°С с шагом 1°С.

Значения параметров M_1, M_2, h_1, h_2 и h_x^K вычисляет теплосчетчик на основании данных, записанных с датчиков ДР, ДТ и ДД, а также введённых в память ТВ градуировочных коэффициентов и параметров ВЭПС-М, ДТ и ДД.

Супервизор питания обеспечивает выполнение следующих функций:

- сброс центрального процессора при включении и понижении напряжения ниже допустимого уровня;
- переключение на резервное питание для обеспечения сохранности накопленных в ОЗУ данных и сохранения работоспособности таймера реального времени при отключении основного источника питания;
- защиту от ошибочной записи в ОЗУ при снижении напряжения питания ниже допустимого уровня;
- защиту от сбоев в работе центрального процессора.

Все измерительные входы ТВ жестко привязаны к преобразователям, установленным на трубопроводах контролируемой системы теплоснабжения. ТВ производит идентификацию трубопроводов по условно присвоенным им номерам от 1 до 6. Таким образом, номера измерительных входов ТВ соответствуют определённым номерам трубопроводов.

Монтаж и демонтаж теплосчётчика должны производить квалифицированные специалисты в строгом соответствии с инструкцией.

Запрещено размещать ВЭПС-М в зонах возможного затопления в результате протечек трубопроводов или запорной арматуры.

При установке ВЭПС-М на трубопровод необходимо обеспечить защиту коробки УФИ от механических воздействий.

В месте установки ВЭПС-М необходимо наличие прямолинейных участков с диаметром, соответствующим Ду преобразователя, и длиной не менее 5 Ду до и 2 Ду после ДР.

ВЭПС-М должен быть установлен на горизонтальном, наклонном (восходящем) или вертикальном участке трубопровода при соблюдении условий полного заполнения водой его проточной

части. Вертикальное или наклонное расположение ВЭПС-М на трубопроводе, где поток теплоносителя движется снизу вверх, наилучшим образом обеспечивает заполнение проточной части ДР. В случае горизонтальной установки необходимо помещать ВЭПС-М в наиболее низкой части трубопровода, где проточная часть ДР всегда будет полностью заполнена теплоносителем.

Расстояние от ТВ до ДР, ДТ и ДД должно быть таким, чтобы длина соединительных кабелей не превышала 100 м.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- назначение теплового счётчика;
- назначение и принцип действия вихревого электромагнитного преобразователя объёмного расхода ВЭПС-М;
- устройство и принцип действия тепловычислителя;
- правила монтажа преобразователя расхода и тепловычислителя;
- уравнение расчёта тепловой энергии, потреблённой в системах теплоснабжения.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен тепловой счётчик?
2. Какие функции выполняет тепловой счётчик?
3. Какую информацию тепловой счётчик выводит на ЖКИ?
4. Какую информацию архивирует тепловой счётчик?
5. На чём основан принцип действия теплосчётчика?
6. Расскажите устройство и принцип действия вихревого электромагнитного преобразователя объёмного расхода ВЭПС-М.
7. Из каких узлов состоит тепловычислитель?
8. Как работает ТВ и по какому алгоритму вычисляет потреблённую тепловую энергию?
9. В чём разница открытых и закрытых систем теплоснабжения?
10. Какие функции обеспечивает супервизор питания?
11. Расскажите правила монтажа ВЭПС-М.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12
СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Цель работы: изучить систему отопления с естественной (гравитационной) циркуляцией и сравнить однотрубную и двухтрубную системы. Экспериментально определить циркуляционное давление.

Общие сведения

Отопление применяют для компенсации тепловых потерь помещения в холодное время года и обеспечения в нем заданной температуры. Водяное отопление с естественной циркуляцией характерно для зданий с индивидуальной котельной. Схема простейшей системы гравитационного отопления представлена на рисунке 12.1.

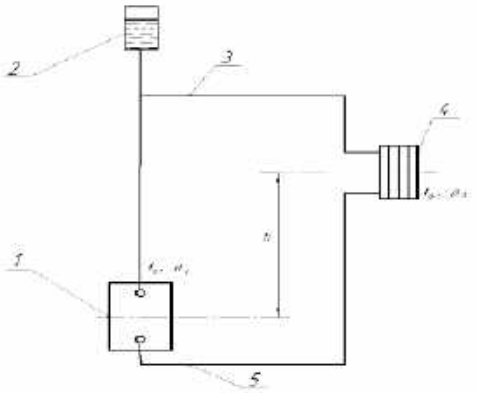


Рис. 12.1. Схема простейшей системы отопления:
1 – котел; 2 – расширительный сосуд; 3 – магистраль горячей воды;
4 – нагревательный прибор; 5 – магистраль холодной воды

Вода нагревается в котле *1* от t_o до $t_г$, в нагревательном приборе *4* охлаждается от $t_г$ до t_o. Величину гравитационного давления (Па) можно определить по формуле

$$p = 9{,}81 \cdot (\rho_o - \rho_г) \cdot h, \text{ Па}, \qquad (12.1)$$

где $(\rho_o - \rho_г)$ – разность плотностей, охлажденной и горячей воды, кг/м^3 (табл. 12.1);

h – вертикальное расстояние между серединами высот котла и нагревательного прибора, м.

Таблица 12.1

Зависимость плотности воды от температуры

t, °C	10	20	30	40	50	60	70	80
ρ, кг/м^3	999,6	998,2	995,6	992,2	988,0	983,2	977,7	971,8

Системы водяного отопления квалифицируются:

- по способу циркуляции (*гравитационные и насосные*);
- по схеме разводки трубопроводов в помещениях (*вертикальные и горизонтальные*);
- по способу транспортировки теплоносителя (*двухтрубные и однотрубные*);
- по схеме присоединения нагревательных приборов (*параллельно или последовательно*);
- по местонахождению магистралей в здании (*с верхней или нижней разводкой*).

Основное достоинство двухтрубной системы – поступление воды с наивысшей температурой к каждому нагревательному прибору. Однако при двухтрубной системе значителен расход труб и фасонных частей. Применяются двухтрубные системы в основном в зданиях до двух этажей.

Описание лабораторной установки

Установка состоит (рис. 12.2) из котла *1*, системы трубопроводов, расширительного бака *2* и нагревательных приборов A, B, C и D. В качестве теплоносителя в данной лабораторной установке используется вода.

Правая часть установки выполнена в виде двухтрубной системы отопления с верхней разводкой с нагревательными элементами С и Д, а левая часть в виде однотрубной системы с нагревательными элементами А и В, имеющими замыкающие участки.

Нагрев воды в котле ЭВАН-С1 осуществляется электронагревателем мощностью 3 кВт. Диапазон регулируемых температур теплоносителя в пределах от 30 до 85°С устанавливается терморегулятором. В восьми точках системы отопления измеряется температура термометрами сопротивления t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 и t_8. Температура теплоносителя на выходе из котла замеряется манометром-термометром *5*.

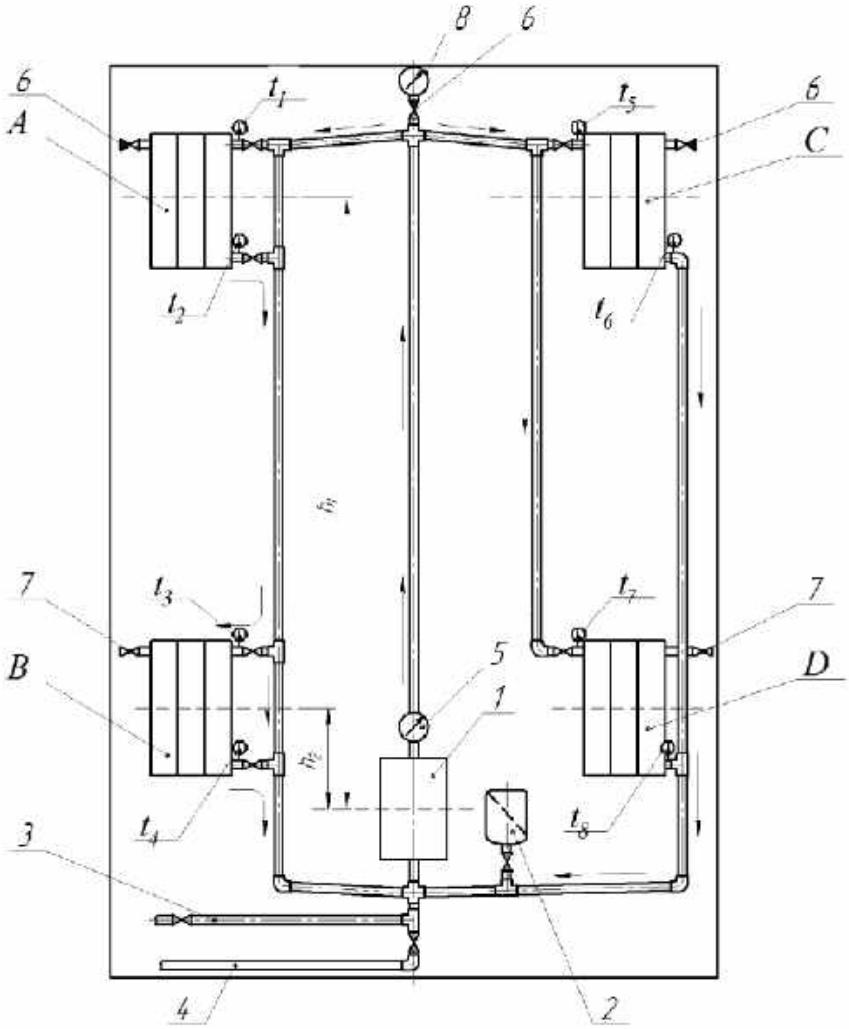


Рис. 12.2. Схема лабораторной установки:
1 – котел ЭВАН-С1-3-30; 2 – расширительный сосуд; 3 – линия подпитки; 4 – линия слива; 5 – манометр-термометр; 6 – автоматический клапан сброса воздуха; 7 – кран Маевского; 8 – предохранительный клапан с манометром; A, B, C, D – нагревательные приборы; t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 и t_8 – датчики температуры с термометрами сопротивления

Расширительный сосуд *5* мембранного типа. Группа безопасности включает в себя предохранительный клапан *8* с манометром, рассчитанный на давление не более 0,4 МПа.

Для заполнения системы отопления водой используется линия подпитки *3*. Для сброса воздуха предусмотрены автоматические клапаны *6* и краны Маевского *7*. Для освобождения системы отопления от теплоносителя используется линия слива *4*.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- проверить наличие воды в системе отопления с помощью крана Маевского *7* и манометров *5* и *8*;
- включить установку в сеть и установить терморегулятор ручкой «Температура» на температуру 70°С;
- когда температура теплоносителя достигнет установленного значения измерить её в девяти точках системы отопления на входе и выходе нагревательных приборов A, B, C и D и записать в журнал наблюдений. Опыт повторить три раза, измеряя температуру каждый раз после отключения электронагревателя;
- подсчитать среднее значение температур в котле и каждом нагревательном приборе;
- определить среднюю плотность воды в котле и каждом нагревательном приборе по формуле:

$$\rho_{24} = \rho_{20} - \frac{\rho_{20} - \rho_{30}}{10} \cdot 4 \text{, кг/м}^3; \qquad (12.2)$$

- подсчитать гравитационное давление для каждого циркуляционного кольца по формуле (12.1);
- дать сравнительную оценку результатов экспериментальных данных.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- способы осуществления циркуляции в системе отопления;
- классификацию систем водяного отопления;

а также **уметь**:

- проводить эксперимент по сравнению однотрубной и двухтрубной систем отопления;
- вычислять гравитационное давление в системе отопления на основе опытных данных.

Таблица 12.2

Протокол испытания

Место измерения	Номер точки	Температура, °С				Плотность воды, кг/м^3	h (м)	Гравитационное давление, (Па)
		1	2	3	среднее			
	2							
Котел	1						-	-
A	2						1,58	
B	3						0,48	
	4							
C	5						1,58	
	6							
D	7						0,48	
	8							

Контрольные вопросы

1. За счет чего осуществляется циркуляция воды в системе отопления с естественной циркуляцией?
2. Для чего необходим расширительный сосуд в системе отопления?
3. Какой вред приносит воздух в системе отопления и откуда он берется?
4. Как подсчитать гравитационное давление в системе отопления?
5. Рассказать порядок выполнения работы.
6. Как классифицируются системы водяного отопления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13.
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Цель работы: изучить котельные установки, применяемые в сельском хозяйстве.

Общие сведения

В сельском хозяйстве нашей страны используется большое количество паровых и водогрейных котельных установок.

Котельной установкой называется комплекс агрегатов и устройств, предназначенных для получения пара и (или) горячей воды за счёт сжигания топлива.

Любая котельная установка состоит из котельного агрегата и вспомогательного оборудования.

Котельный агрегат (котёл) – это устройство, в котором непосредственно вырабатывается пар или горячая вода. Он состоит из топочного устройства, трубной системы, пароперегревателя, водяного экономайзера, воздухоподогревателя, обмуровки, газоходов, арматуры и каркаса.

К ***вспомогательному оборудованию*** относятся дымовой и дутьевой вентиляторы, питательные и водоподготовительные установки, система топливоподачи.

Топочное устройство предназначено для сжигания топлива с целью выделения заключенного в нем тепла. По способу сжигания топлива все топочные устройства делятся на слоевые и камерные.

В ***слоевых топках*** осуществляется сжигание твердого кускового топлива в слое, лежащем на колосниковой решетке.

В ***камерных топках*** производится сжигание газообразного, жидкого и пылевидного топлива во взвешенном состоянии.

Пароперегреватель обеспечивает нагрев пара выше температуры насыщения, получаемой в паровом пространстве котла.

Водяной экономайзер позволяет использовать теплоту уходящих дымовых газов для подогрева питательной воды и за счет этого экономить топливо.

Воздухоподогреватель подогревает воздух, улучшает условия сгорания топлива, увеличивает температуру горения и коэффициент полезного действия установки.

Обмуровкой котельного агрегата называют ограждающие стенки, отделяющие его внутреннюю высокотемпературную часть

от окружающей наружной среды. Обмуровка выполняется из кирпича, имеющего небольшую теплопроводность и обладающего достаточной прочностью и температуроустойчивостью.

К ***арматуре котлов*** относятся: водоуказательные приборы, служащие для контроля уровня воды в котле; предохранительные клапаны; манометры; термометры; тягомеры, служащие для измерения разрежения в топках и газоходах; инжекторы, служащие для подачи воды в котел за счет струи пара; расходомеры.

Экраном называется ряд вертикально расположенных труб, служащих для предохранения основных кипятильных труб от сгорания.

Водяным объемом называется внутренняя часть объема котла, всегда заполненная водой до определенного уровня.

Паровым объемом называется часть внутреннего объема котла, которая при работе постоянно заполнена паром.

Зеркалом испарения называется поверхность кипящей воды в барабане, отделяющая водяной объем от парового.

Поверхностью нагрева называется поверхность металлических стенок котла, омываемая с одной стороны водой, а с другой – газами. Поверхность нагрева подсчитывается со стороны, обогреваемой газами.

Поверхность нагрева, воспринимающая лучистое тепло горящего топлива, называется ***радиационной поверхностью нагрева***.

Поверхность нагрева, воспринимающая тепло дымовых газов путем соприкосновения с ними, называется ***конвективной.***

Огневой линией называется линия, отделяющая обогреваемую газами поверхность от необогреваемой.

Для предохранения котла от разрушения в случае взрыва газовоздушной смеси предусмотрен взрывной предохранительный клапан.

Классификация котлов

По конструктивному исполнению паровые котлы бывают газотрубными и водотрубными. В ***газотрубных котлах*** дымовые газы проходят внутри труб, а вода омывает их снаружи; в ***водотрубных котлах***, наоборот, вода проходит внутри труб, а дымовые газы обогревают их снаружи.

По конструкции и характеру расположения трубных пучков и их объединения в общую систему водотрубные котлы принято

разделять на ***горизонтально-водотрубные*** и ***вертикально-водотрубные***.

Паровые котлы по давлению пара делятся на 4 группы: низкого давления (0,8…1,6 МПа), среднего давления (2,4…4 МПа), высокого давления (10…14 МПа), закритического давления (25…31 МПа).

Паровой котел КВ-300М

Котел КВ-300М (рис. 13.1) состоит из двух цилиндров разного диаметра, вставленных один в другой и соединенных между собой торцовыми днищами. Внутренний цилиндр представляет собой жаровую трубу *3* диаметром d=900 мм, изготовленную из стали толщиной δ=5 мм. В передней части размещена топка, а в задней части находятся кипятильные трубы *7*. Для защиты труб от пережога и улучшения процесса горения топлива перед ними установлен экран *11* из шамотных кирпичей, закрывающий нижнюю половину жаровой трубы.

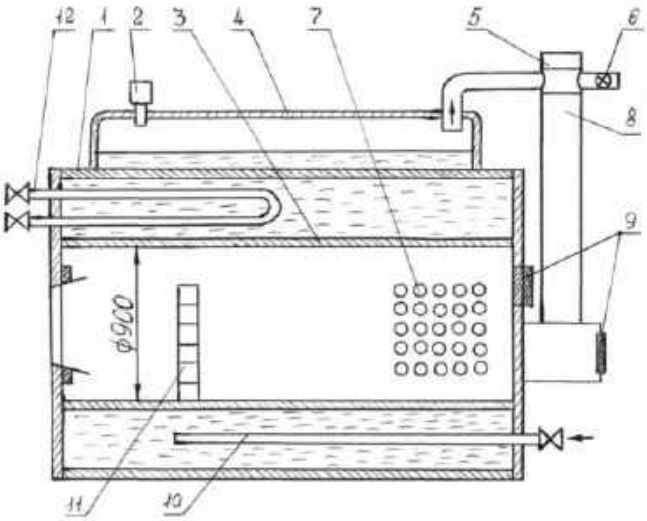


Рис.13.1. Схема парового котла КВ-300М:
1 – барабан; 2 – предохранительный клапан; 3 – жаровая труба; 4 – паросборник; 5 – дымовая труба; 6 – отвод пара из котла; 7 – кипятильные трубы; 8 – пароперегреватель; 9 – взрывные клапаны; 10 – труба подпитки; 11 – экран из шамотных кирпичей; 12 – водоводяной подогреватель

К наружному цилиндру (барабану) *1* котла сверху приварен паросборник *4*, который сообщается с пароводяным пространством котла через отверстия, сделанные в верхней части барабана по его образующей. На паросборнике установлены манометр и предохранительный клапан *2*.

Вода для питания котла поступает из водопровода или от насоса через питательную трубу *10*. В кипятильных трубах вода подогревается до кипения и образует пар. Насыщенный пар из паросборника поступает в пароперегреватель *8* и далее к тепловым потребителям.

Котел КВ-300М имеет тепловую мощность 298 кВт, паропроизводительность 0,4 т/ч, температуру перегретого пара 130°С, избыточное давление пара 0,069 МПа и КПД 85%.

Водогрейный котел RIELLO RTQ

Водогрейные котлы классифицируют: по роду металла, из которого они изготовляются, на чугунные и стальные, по теплопроизводительности, температуре подогреваемой воды и давлению. Чугунные водогрейные котлы надежно работают только на твердом топливе, а при переводе на жидкое или газообразное топливо быстро выходят из строя из-за появления трещин в секциях.

Основное преимущество стальных водогрейных котлов по сравнению с чугунными – экономичность и надежность в эксплуатации.

Стальные котлы марки RIELLO RTQ (рис. 13.2) имеют горизонтальную инверсионную камеру сгорания с концентрическим расположением дымогарных труб. Эти котлы служат для нагрева воды в теплофикационных целях и имеют высокий КПД. Они предназначены для обогрева помещений и для производства горячей сантехнической воды. Для этого котёл комплектуют бойлером. Котлы работают под наддувом, что обеспечивает равномерность распределения теплового потока в камере сгорания.

Геометрическая форма топочного пространства котла специально разработана для достижения оптимального соотношения между объёмом камеры сгорания и поверхностью теплообмена. Материалы подобраны таким образом, чтобы обеспечить максимальный срок службы котла.

Внутри дымогарных труб находятся турбуляторы, изготовленные из нержавеющей стали, позволяющие регулировать

давление в камере сгорания и температуру дымовых газов. Они равномерно распределяют тепловую нагрузку и оптимизируют работу горелки.

Принцип работы водогрейного котла RIELLO RTQ заключается в следующем (рис. 13.2). Вода из системы отопления через обратный трубопровод *5* поступает в корпус водогрейного котла, равномерно распределяется по всей его цилиндрической поверхности и вдоль неё направляется к прямому трубопроводу *8*. В процессе движения вода забирает теплоту дымовых газов через радиационную (цилиндрическую поверхность камеры сгорания *11*) и конвективную (боковую поверхность дымогарных трубок *9*) поверхности нагрева.

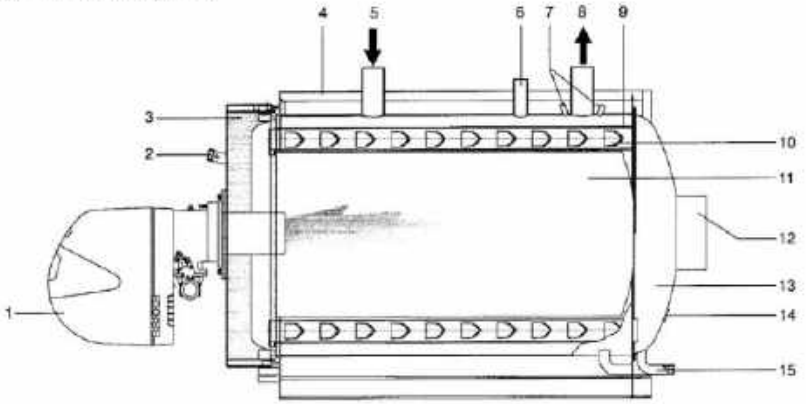


Рис. 13.2. Схема стального котла марки RIELLO RTQ:
1 – горелка; 2 – глазок контроля пламени со штуцером для измерения давления; 3 – дверца; 4 – облицовка; 5 – трубопровод обратный; 6 – место присоединения группы безопасности; 7 – гильзы для датчиков приборов контроля и регулирования; 8 – трубопровод подачи; 9 – трубы дымовые; 10 – турбуляторы; 11 – камера сгорания; 12 – место присоединения дымохода; 13 – камера дымосборная; 14 – дверца для проверки; 15 – слив конденсата

Газ, поступающий в горелку *1*, смешивается с воздухом и направляется в камеру сгорания *11*. Вентилятор горелки обеспечивает интенсивное перемешивание газа с воздухом и полное его сгорание в процессе движения от передней к задней стенке котла. Горящая струя движется вдоль оси камеры сгорания, доходит до задней стенки, которая имеет сферическую форму, и меняет направление движения. Дымовые газы вдоль цилиндрической

поверхности камеры сгорания возвращаются в переднюю часть котла, отдавая теплоту через стенку воде. Далее по дымогарным трубкам *9* они поступают в дымосборную камеру *13* и через дымоход удаляются в атмосферу. Турбуляторы *10* регулируют давление в камере сгорания и улучшают конвективный теплообмен между дымовыми газами и водой, находящейся внутри котла.

Для контроля пламени горелки служит глазок *2*. К штуцеру *6* присоединяется автоматический воздушный клапан, предохранительный клапан и расширительный бак системы отопления, которые обеспечивают безопасность работы котла.

Корпус котла имеет хорошую теплоизоляцию (обмуровку), состоящую из стекловаты высокой плотности. Для удобства и простоты технического обслуживания и операций по очистке внутренних элементов котла он имеет дверцу на передней панели и дверцу на дымосборной камере.

Котлы RIELLO RTQ работают на газе, дизельном топливе и мазуте. Для каждого топлива устанавливается свой тип горелки.

Котлы RIELLO RTQ выпускаются семнадцать моделей мощностью от 100 до 1500 кВт. В таблице 13.1 приведены технические характеристики моделей котлов малой, средней и большой мощности.

Таблица 13.1

Технические характеристики котлов RIELLO RTQ

Показатели	Размерность	Модель котла RIELLO RTQ		
		100	500	1500
Топливо	-	Газ/дизельное топливо/мазут		
Максимальная полезная мощность	кВт	105,3	587,9	1798
КПД при максимальной мощности	%	92,6	92,5	92,6
Общая поверхность теплообмена	$м^2$	2,8	14,76	43,6
Температура дымовых газов на выходе	°С	>160		
Максимальное рабочее давление	МПа	0,5		
Максимальная рабочая температура воды в котле	°С	105		
Водяной объём котла	$м^3$	109	534	1432
Вес котла без облицовки	кг	215	875	2660

В процессе эксплуатации котла RIELLO RTQ необходимо ежегодно удалять с поверхностей нагрева углеродистые соединения. Эта операция позволяет поддерживать теплотехнические

характеристики котла и продлить срок его службы. Чистка котла осуществляется с помощью специального ерша и происходит при открытой передней дверце *3* и снятых турбуляторах *10*.

Порядок выполнения работы

Для выполнения работы необходимо:

- изучить общие сведения о котлах;
- изобразить схему парового котла КВ-300М, изучить его устройство и принцип действия;
- изобразить схему водогрейного котла RIELLO RTQ, изучить устройство и принцип действия;
- записать технические характеристики изученных котлов и дать их сравнительную оценку.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- общие сведения о котельных установках и котлах;
- классификацию котлов;
- основные параметры котлов;
- элементы котельного агрегата и принцип работы котлов;
- устройство и принцип работы парового котла КВ-300М, водогрейного котла RIELLO RTQ.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы котельного агрегата и поясните их назначение.
2. Приведите классификацию паровых и водогрейных котлов.
3. Назовите основные параметры, характеризующие работу котлов.
4. Для чего служат топочные экраны?
5. Что такое поверхность нагрева, огневая линия, зеркало испарения, паровое и водное пространство котла?
6. Назовите элементы котлов, входящие в их арматуру.
7. Расскажите принцип работы парового котла КВ-300М.
8. Объясните принцип работы водогрейного котла RIELLO RTQ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болдашев, Г. И. Теплотехника : методические указания / Г. И. Болдашев, Н. Г. Болдашева, М. В. Борисова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2010. – 85 с.

2.Лариков, Н. Н. Теплотехника : учебник / Н. Н. Лариков. – М. : Стройиздат, 1985. – 432 с.

3. Мазур, Л. С. Техническая термодинамика и теплотехника : учебник / Л. С. Лариков. – М. : ГЕОТАР-МЕД, 2003. – 352 с.

4. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие / Н. И. Смирнов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. – Ставрополь : изд-во СКФУ, 2014. – 226 с.

5. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учебник / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. – М. : Академия, 2004. – 464 с.

6. Тепло- и водоснабжение сельского хозяйства : справочник / Под ред. С. П. Рудобашты. – М. : Колос,1997. – 509 с.

7. Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – М. : Энергия, 1975. – 444 с.

8. Теплотехника : учебник / Под общ. ред. В. И. Крутова. – М. : Машиностроение, 1986. – 432 с.

9. Луканин, В. Н. Теплотехника : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Крамер [и др.]; Под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2002. – 671 с.

10. Чечеткин, А. В. Теплотехника : учеб. для хим.-техно. спец. вузов / А. В. Чечеткин, Н. А. Занемонец. – М. : Высш. шк., 1996. – 344 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Общие указания по выполнению лабораторных работ по теплотехнике 4
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ 5
Лабораторная работа №1. Исследование изотермического процесса 6
Лабораторная работа №2. Исследование изобарного процесса 12
Лабораторная работа №3. Определение теплоёмкости методом динамического калориметрирования 17
Лабораторная работа №4. Определение удельной теплоты парообразования 22
Лабораторная работа №5. Водяной пар. *h,s*-диаграмма водяного пара 27
Лабораторная работа №6. Влажный воздух. *h,d*-диаграмма влажного воздуха 33
Лабораторная работа №7. Холодильные установки 39
Лабораторная работа №8. Определение коэффициента теплоотдачи трубы при свободном движении воздуха 45
Лабораторная работа №9. Испытание теплообменного аппарата 52
Лабораторная работа №10. Приборы и устройства для измерения температуры. Градуировка термометра сопротивления ... 58
Лабораторная работа №11. Тепловой счетчик. Устройство и принцип работы 64
Лабораторная работа №12. Система отопления с естественной циркуляцией 71
Лабораторная работа №13. Котельные установки 76
Рекомендуемая литература 83

Учебное издание

Составители:

Болдашев Геннадий Иванович
Бычении Александр Павлович
Черников Олег Николаевич

Теплотехника

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 13.04.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 4,99; печ. л. 5,31.
Тираж 50. Заказ № 54.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

КОМПЛЕКСНЫЙ РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
для выполнения курсового проекта

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2019

УДК 631.372.011:621.431.73 (07)
ББК 40.72 Р
К63

К63 Комплексный расчет энергетического средства : методические указания / сост. О. С. Володько, А. П. Быченин, Р. М. Мусин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 116 с.

В учебном издании рассмотрена методика проектирования, расчета и оценки технико-экономических показателей энергетических средств АПК.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль подготовки Технические системы в агробизнесе.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Быченин А. П., Володько О. С.,
Мусин Р. М., составление 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению 35.03.06 Агроинженерия предусматривает оценку технического уровня энергетических средств АПК, направлений и методов улучшения технико-экономических и экологических параметров тракторов, автомобилей и других машин. В связи с этим в учебный процесс включена дисциплина «Основы теории колесных и гусеничных машин», в рамках которой запланировано выполнение курсового проекта «Комплексный расчет двигателя внутреннего сгорания и энергетического средства».

Цель методических указаний – помочь студентам в формировании системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию энергетических средств в сельском хозяйстве и овладении методикой и навыками самостоятельного решения задач по проектированию, расчету и оценке технико-экономических показателей энергетических средств.

Методические указания предназначены для выполнения курсового проекта по дисциплине «Основы теории колесных и гусеничных машин» студентами, обучающимися по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль подготовки Технические системы в агробизнесе.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Одним из важных этапов освоения дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин» студентами направления 35.03.06 Агроинженерия является выполнение курсового проекта.

Цель курсового проекта состоит в формировании у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию энергетических средств и овладении методикой и навыками самостоятельного решения задач по проектированию, расчету и оценке технико-экономических показателей энергетических средств АПК (тракторов, автомобилей и других мобильных машин).

Задачи проекта:

- развитие творческой самостоятельности применения полученных знаний, умения использовать литературные источники в решении инженерных задач;
- приобретение навыков и развитие творческого подхода к оценке технического уровня энергетических средств, анализу их мощностных и экономических показателей;
- приобретение навыков расчета основных параметров рабочего цикла и показателей двигателей, динамического расчета силовых механизмов двигателей, тягово-динамического и топливно-экономического расчетов энергетических средств (тракторов и автомобилей);
- освоение методики выполнения и оформления расчетных и графических работ, обобщение и развитие навыков оценки полученных результатов, использование методов программированного расчета на персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) в процессе проектирования и оценки технико-экономических показателей энергетических средств.

2. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект «Комплексный расчет двигателя внутреннего сгорания и энергетического средства» выполняется по индивидуальному заданию (прил. 1) в процессе изучения дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин» и состоит из двух частей:

- часть 1 – расчет двигателя внутреннего сгорания (д.в.с.);
- часть 2 – тягово-динамический и топливно-экономический расчеты трактора или автомобиля (в соответствии с вариантом задания).

Защита курсового проекта проводится до экзаменационной сессии. Форма титульного листа курсового проекта представлена в приложении 2.

Индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 3) включает наименование (модель) прототипа двигателя внутреннего сгорания, наименование (модель) прототипа энергетического средства (трактора или автомобиля) и основные исходные данные.

Основные исходные данные для проектирования и расчетов формируются на базе технических параметров и показателей модельных рядов современных и распространенных в зоне Поволжья энергетических средств. Конструктивно-технологические и агротехнические параметры задаются с учетом реальных условий эксплуатации машин и имеющихся практических рекомендаций рационального их использования.

Содержание курсового проекта

Курсовой проект состоит их расчетно-пояснительной записки и графической части.

Расчетно-пояснительная записка оформляется с учетом требований ГОСТ 7.32-2001 «Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления», рекомендаций [7] и включает последовательно расположенные:

- титульный лист (прил. 2);
- индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 3);
- реферат;
- оглавление;
- введение;

- выбор и обоснование исходных данных с учетом индивидуального задания;

- расчеты д.в.с. (тепловой и динамический);

- тягово-динамический и топливно-экономический расчеты энергетического средства (ЭС) (трактора или автомобиля с учетом индивидуального задания);

- заключение;

- список использованной литературы и источников;

- приложения.

Выполнение курсового проекта и оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется по мере изучения дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин» по двум частям.

Часть 1. Расчет двигателя внутреннего сгорания.

В данный период выполнения курсового проекта рекомендуется:

- внимательно ознакомиться с содержанием индивидуального задания, определить поставленные задачи и провести сбор необходимой информации (технической литературы, нормативной документации, патентов, чертежей, схем и т.д.);

- провести расчет эффективной мощности д.в.с. с учетом заданных агротехнических, динамических, тяговых и др. параметров, а также выбрать необходимые исходные данные по методическим рекомендациям;

- провести тепловой расчет д.в.с, включающий:

а) определение параметров рабочего цикла;

б) определение показателей и основных размеров д.в.с. методом ручного расчета;

- оптимизировать показатели проектируемого двигателя (эффективная мощность N_e, диаметр цилиндра D, ход поршня S и удельный расход топлива g_e) путем сравнения и анализа их значений для прототипа, по результатам ручного расчета и полученных рациональных значений при машинном расчете (по программе ПЭВМ);

- методом анализа различных вариантов машинного расчета рабочего цикла д.в.с. определить и изобразить графически взаимосвязь указанных в индивидуальном задании параметров с учетом исходных данных прототипа;

- определить составляющие теплового баланса;

- провести расчет и построить индикаторную диаграмму рабочего цикла проектируемого двигателя;

- провести анализ сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме (КШМ) проектируемого двигателя;

- обосновать исходные данные для динамического расчета д.в.с. по программе ПЭВМ;

- провести анализ результатов расчета и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца, с использованием метода Брикса и индикаторной диаграммы рабочего цикла;

- провести анализ результатов расчета и построение диаграммы суммарной тангенциальной силы и крутящего момента;

- определить параметры маховика проектируемого двигателя;

- провести анализ результатов расчета, построение диаграммы результирующей силы, действующей на шатунную шейку;

- определить параметры шатунного подшипника проектируемого двигателя.

Часть 2. Тягово-динамический и топливно-экономический расчеты трактора или автомобиля (в соответствии с вариантом задания).

В данный период в соответствии с индивидуальным заданием выполняется вариант А (расчет трактора) или вариант Б (расчет автомобиля), для чего рекомендуется

в варианте А (расчет трактора):

- обосновать массовые и тягово-скоростные параметры проектируемого трактора, рассчитать показатели корректорной ветви и построить регуляторную характеристику двигателя;

- освоить методику и выполнить компьютерный расчет теоретической тяговой характеристики трактора;

- построить графически и проанализировать рассчитанную теоретическую тяговую характеристику трактора;

в варианте Б (расчет автомобиля):

- выбрать исходные параметры для расчета;

- подобрать двигатель автомобиля и построить его скоростную характеристику;

- провести динамический расчет автомобиля, включающий определение динамического фактора, зависимостей ускорения и величины, обратной ускорению, от скорости автомобиля, а также зависимости времени и пути разгона от скорости автомобиля;

- провести топливно-экономический расчет автомобиля.

После завершения расчетов каждой части курсового проекта необходимо провести анализ результатов и сделать выводы. При проведении анализа числовые значения показателей мощностных, динамических и экономических качеств проектируемого двигателя сравниваются с соответствующими показателями прототипа. За основные показатели принимаются мощность двигателя, его топливная экономичность и геометрические размеры.

Числовые значения показателей тяговой характеристики трактора или динамических и экономических качеств проектируемого автомобиля сравниваются с соответствующими показателями прототипа.

В тяговом расчете трактора за основные показатели принимаются эксплуатационная масса, максимальный коэффициент буксования, крюковая сила тяги, рабочая скорость, удельный тяговый расход топлива и тяговый к.п.д.

В расчете автомобиля за основные показатели могут быть приняты динамические качества автомобиля (динамический фактор, ускорение, время и путь разгона) и топливная экономичность.

Оформление курсового проекта:

- обобщить результаты расчетов курсового проекта и заполнить общие формы и разделы: титульный лист, индивидуальное задание, реферат, оглавление, введение, список использованной литературы и источников, приложения. Заключение должно включать анализ результатов по всему курсовому проекту.

Графическая часть курсового проекта включает графики и диаграммы.

Часть 1:

- индикаторная диаграмма рабочего цикла проектируемого двигателя в сочетании с диаграммой сил, приведенных к оси поршневого пальца (с учетом поправки Брикса);

- диаграмма тангенциальной силы одного цилиндра и суммарной, совмещенной на одном графике;

- диаграмма результирующей силы, приведенной к оси шатунной шейки.

Часть 2:

Вариант А (трактор):

- график регуляторной характеристики двигателя;

- график тяговой характеристики трактора.

Вариант Б (автомобиль):

- график скоростной (внешней) характеристики двигателя;
- график динамической характеристики автомобиля;
- график зависимости ускорения автомобиля от скорости;
- график зависимости величин, обратных ускорению автомобиля, от скорости;
- график зависимости времени разгона автомобиля от скорости;
- график зависимости пути разгона автомобиля от скорости;
- график экономической характеристики автомобиля.

Графическая часть курсового проекта должна выполняться в соответствии с требованиями методических рекомендаций вуза [4, 8, 10, 11]. Графическая часть может быть выполнена на листах А1, А2 или А4 (допускается выполнение на миллиметровой бумаге или компьютерное исполнение с использованием системы автоматизированного проектирования КОМПАС 3D).

Пояснительная записка оформляется на листах А4 машинным текстом с использованием ПЭВМ.

Защита курсового проекта:

- Выполненный курсовой проект представляется руководителю с целью окончательной проверки, подписи и допуска к защите.
- Защита проводится публично перед комиссией в форме доклада о выполненном проекте (5…8 мин) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих.
- Дифференцированная оценка результатов защиты, как правило, учитывает содержание доклада, качество оформления пояснительной записки и графической части, результаты расчетов и ответы на вопросы комиссии.

3. ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ С УЧЕТОМ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ

В данном разделе курсового проекта необходимо выбрать и обосновать достаточное количество исходных данных и параметров для расчета д.в.с. и ЭС по существующим методикам [1, 4, 7, 10] с учетом индивидуального задания.

Индивидуальное задание для курсового проекта определяет прототип ЭС, на параметры которого следует ориентироваться в расчетах, а также основные исходные данные, определяющие

условия эксплуатации и технические характеристики ЭС. Дополнительные исходные данные, предусмотренные методиками расчетов, принимаются авторами курсового проекта на основании анализа материалов дисциплины «Основы теории колесных и гусеничных машин», технической информации по вопросам автотракторостроения и эксплуатации сельскохозяйственной техники.

При расчете энергетического средства в частях 1 и 2 курсового проекта должны быть четко согласованы эффективная мощность двигателя N_e и частота вращения коленчатого вала $n_н$ с точки зрения совместной работы двигателя и трансмиссии ЭС. По прототипу ЭС рационально выбрать тип двигателя:

- по расположению цилиндров (Р – рядный, V – образный);
- по числу цилиндров (2, 4, 6, 8 и т.д.);
- по типу топлива и способу смесеобразования (К – карбюраторный, И – инжекторный, Г – газовый, Д – дизельный, Г-Д – газодизельный, Б-Д – биодизельный);
- по наличию наддува (Н – с наддувом).

С учетом условий работы и назначения двигателя, как правило, задаются частота вращения коленчатого вала и степень сжатия.

Одним из важных этапов выполнения курсового проекта является выбор параметров для теплового расчета. Правильный выбор этих параметров позволит получить высокие мощностные и экономические показатели, отвечающие современному уровню развития двигателестроения. Основные данные современных автотракторных двигателей приведены в приложениях 4, 5.

Исходные параметры рекомендуется выбирать, используя данные прототипа. Степень сжатия задается или выбирается в зависимости от типа двигателя и его назначения.

Для современных автотракторных двигателей степень сжатия находится в следующих пределах:

- двигатели карбюраторные и газовые	6…12
- двигатели с распределенным впрыском топлива	8,5…12
- дизели без наддува	16…20
- дизели с наддувом	12…15

Средняя скорость поршня:

- карбюраторные и газовые двигатели	9…15 м/с
- д.в.с. с распределенным впрыском топлива	10…20 м/с
- дизели	5…12 м/с

Коэффициент наполнения:

- карбюраторные двигатели	0,75…0,85
- д.в.с. с распределенным впрыском топлива	0,85…0,95
- дизели без наддува	0,80…0,90
- дизели с наддувом	0,80…0,95
Коэффициент избытка воздуха:	
- карбюраторные двигатели	0,75…0,95
- д.в.с. с распределенным впрыском топлива	0,96…1,0
- газовые двигатели	0,95…1,0
- дизели с неразделенными камерами сгорания и объемным смесеобразованием	1,5…1,8
- дизели с пленочным смесеобразованием	1,45…1,55
- дизели с наддувом	1,35…2,00

Необходимая с учетом условий эксплуатации номинальная эффективная мощность энергетического средства (трактора или автомобиля) определяется методом тягово-динамического расчета при заданных исходных параметрах.

А. Расчет необходимой эффективной номинальной мощности д.в.с. трактора.

Мощность двигателя определяется из условий реализации заданной крюковой силы на первой передаче с определенной скоростью:

$$N_{вн} = \frac{(P_{кр1} + P_f)V_{T1}}{3600 \cdot \eta_{тр} \cdot X_э}, \text{ кВт}, \qquad (3.1)$$

где V_{T1} – заданная теоретическая скорость движения трактора на первой передаче, км/ч;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии, принимается для колесных тракторов 0,91…0,92, для гусеничных – 0,86…0,88;

$X_э$ – коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя, принимается равным 1.

P_f – сила сопротивления перекатыванию трактора определяется по формуле:

$$P_f = fm_э g, \text{Н}, \qquad (3.2)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

$m_э$ – эксплуатационная масса трактора;

g=9,81м/с^2 – ускорение свободного падения.

Б. Расчет необходимой эффективной номинальной мощности д.в.с. автомобиля.

Величина лобовой площади автомобиля определяется по формуле:

$$F = 0{,}778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \tag{3.3}$$

где B и H – ширина и высота автомобиля, м.

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле:

$$P_w = \frac{k \cdot F \cdot V^2}{13}, \text{ Н}, \tag{3.4}$$

где k – коэффициент сопротивления воздуха, $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{м^4}$;

F – лобовая площадь автомобиля, м^2;

V – скорость движения автомобиля, км/ч.

Мощность двигателя N_v, необходимая для обеспечения максимальной скорости движения автомобиля, определяется по формуле:

$$N_v = \frac{N_f + N_w}{\eta_{mp}}, \text{ кВт}. \tag{3.5}$$

N_f определяется по формуле:

$$N_f = \frac{f \cdot m_a \cdot g \cdot V_{\max}}{3600}, \text{ кВт}, \tag{3.6}$$

где m_a – полная масса автомобиля, кг;

f – коэффициент сопротивления дороги;

$V_{\max}$ – максимальная скорость движения автомобиля, км/ч.

Для определения мощности N_w может быть использована формула:

$$N_w = \frac{k \cdot F \cdot V_{\max}^3}{46000}, \text{ кВт}, \tag{3.7}$$

где $k \cdot F$ – фактор сопротивления воздуха, $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{м^2}$.

Подсчитанная по приведенной формуле (3.5) мощность N_v является максимальной для дизельного двигателя. Для бензинового двигателя максимальная мощность $N_{e\max}$ подсчитывается по формуле Лейдермина:

$$N_{e\max} = \frac{N_v}{a \cdot \left(\frac{n_v}{n_н}\right) + b \cdot \left(\frac{n_v}{n_н}\right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_v}{n_н}\right)^3}, \text{ кВт}, \qquad (3.8)$$

где n_v и $n_н$ – частота вращения коленчатого вала двигателя соответственно при максимальной скорости и максимальной мощности;

a, b, c – постоянные коэффициенты.

Для карбюраторных двигателей $a = b = c = 1$.

Отношение $\frac{n_v}{n_н}$ для автомобилей с бензиновыми двигателями изменяется в пределах 1,05…1,2.

4. РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

4.1. Расчет рабочего цикла и показателей двигателя

Двигатель, как силовая установка мобильного энергетического средства, является его основой, преобразующей различные виды энергии в механическую работу. Современные тракторы и автомобили, являющиеся основными энергетическими средствами в сельскохозяйственном производстве, оборудованы тепловыми двигателями внутреннего сгорания, где реализуются действительные рабочие циклы с учетом назначения и типа двигателя, вида топлива, способов смесеобразования, воспламенения и сгорания рабочей смеси.

4.1.1. Процесс впуска

Основным информационным показателем результатов теплового расчета и эффективности рабочего цикла двигателя является его индикаторная диаграмма (рис. 4.1, 4.2).

Для построения индикаторной диаграммы определяют параметры состояния газов в цилиндре двигателя (абсолютное давление p и абсолютную температуру T) в характерных точках индикаторной диаграммы. Такими точками являются: a – конец впуска; c – конец сжатия; z – конец сгорания; b – конец расширения; r – конец выпуска.

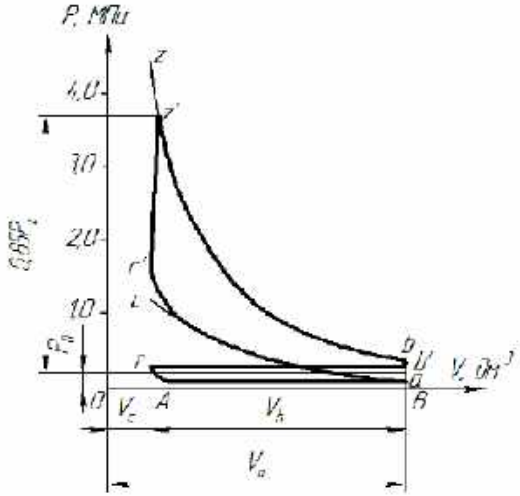


Рис. 4.1. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя с искровым зажиганием

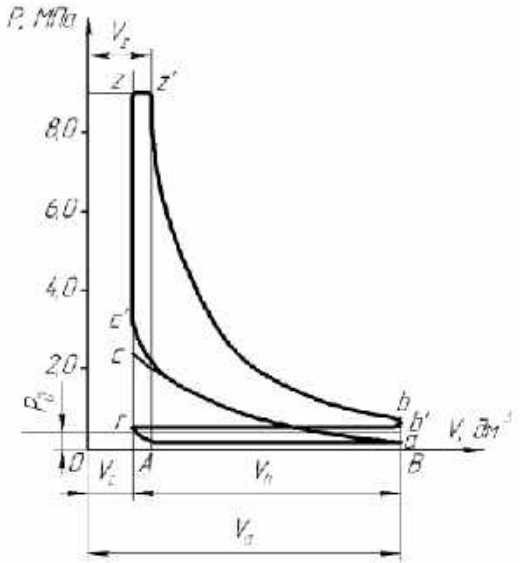


Рис. 4.2. Индикаторная диаграмма четырехтактного дизельного двигателя

При впуске анализируется взаимодействие свежего заряда (P_0, T_0) и остаточных газов предыдущего цикла (P_r, T_r).

В двигателях без наддува воздух в цилиндры поступает из атмосферы, и при расчете рабочего цикла давление окружающей среды принимается равным $P_0 = 0{,}1$ МПа, а температура $T_0 = 288$ К.

В двигателе с наддувом давление и температуру окружающей среды при расчете принимают равными давлению $P_к$ и температуре $T_к$ воздуха на выходе из нагнетателя.

В зависимости от степени наддува принимаются следующие значения давления $P_к$ наддувочного воздуха:

- низкий наддув – $1{,}5P_0$;
- средний наддув – $(1{,}5...2{,}2)P_0$;
- высокий наддув – $(2{,}2...2{,}5)P_0$.

Температура воздуха за компрессором:

$$T_K = T_0 \cdot \left(\frac{P_K}{P_0}\right)^{\frac{(n_K-1)}{n_0}}, \text{ К}, \qquad (4.1)$$

где $n_к$ – показатель политропы сжатия воздуха в компрессоре.

По опытным данным значения $n_к$ принимают в следующих пределах: для осевых и центробежных нагнетателей $n_к = 1{,}4...2{,}0$.

Для автотракторных двигателей без наддува и с наддувом давление остаточных газов:

$$P_r = (1{,}05...1{,}25) \cdot P_0, \text{ МПа}. \qquad (4.2)$$

Для двигателей с высокой частотой вращения принимают более высокое значения P_r.

Для двигателей с газотурбинным наддувом:

$$P_r = (0{,}75...0{,}98) \cdot P_K, \text{ МПа}. \qquad (4.3)$$

Температура остаточных газов T_r в зависимости от конструктивных параметров и режимов работы для четырехтактных двигателей принимается в следующих пределах:

- карбюраторные двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива – 900...1100 К;
- газовые двигатели – 750...1000 К;
- дизели без наддува и с наддувом – 600...900 К.

Температура подогрева заряда ΔT по опытным данным составляет:

- карбюраторные и газовые двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива - 5...25°;
- дизели без наддува - 20...40°;
- дизели с наддувом - 0...10°.

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_0 - \Delta P_a, \text{ МПа;} \quad (4.4)$$

$$P_a = P_к - \Delta P_a, \text{ МПа.} \quad (4.5)$$

Современные автотракторные четырехтактные двигатели значения ΔP_a имеют в следующих пределах:

- карбюраторные и газовые двигатели - $(0{,}05...0{,}20)P_0$;
- дизели без наддува - $(0{,}03...0{,}18)P_0$;
- дизели с наддувом - $(0{,}03...0{,}10)P_к$.

Температура в конце впуска:

$$T_a = \frac{T_к + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К,} \quad (4.6)$$

где γ_r – коэффициент остаточных газов.

$$\gamma_r = \frac{T_к + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r}. \quad (4.7)$$

Для четырехтактных двигателей без наддува в расчетах принимают $T_к = T_0$, $P_к = P_0$.

Значения γ_r для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

- карбюраторные и газовые двигатели - 0,04...0,08;
- двигатели с распределенным впрыском топлива - 0,03...0,05;
- дизели без наддува и с наддувом - 0,03...0,06.

Современные четырехтактные автотракторные двигатели имеют значение T_a в пределах:

- карбюраторные, газовые и двигатели с распределенным впрыском топлива - 320...380 К;
- дизели без наддува - 310...350 К;
- дизели с наддувом - 320…400 К.

4.1.2. Процесс сжатия

Расчет давления P_c и температуры T_c в конце сжатия проводят по уравнениям политропического процесса:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа;} \quad (4.8)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ К,} \quad (4.9)$$

где n_1 – средний показатель политропы сжатия.

Показатель политропы сжатия определяется по эмпирической формуле:

$$n_1 = 1{,}41 - \frac{100}{n}, \quad (4.10)$$

где n – частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$.

Значения n_1, P_c и T_c для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

карбюраторные и газовые двигатели:

n_1 = 1,34...1,39; P_c = 0,9...1,6 МПа; T_c = 650...800 К;

двигатели с распределенным впрыском топлива:

n_1 = 1,36...1,38; P_c = 2,0...2,6 МПа; T_c = 780...820 К;

дизели без наддува:

n_1 = 1,38...1,42; P_c = 3,5...5,5 МПа; T_c=700...900 К;

дизели с наддувом:

n_1 = 1,35...1,38; P_c = 6...8 МПа; T_c=900...1000 К.

4.1.3. Процессы смесеобразования и сгорания

Процессы смесеобразования и сгорания являются основными в реализации рабочего цикла двигателя, в течение которого теплота, выделяющаяся при сгорании рабочей смеси, идет на повышение внутренней энергии рабочего тела и на совершение механической работы.

В автотракторных двигателях широко используются минеральные жидкие топлива (бензин, дизельное топливо), сжатые или сжиженные газы (природный, промышленный или синтезированный), альтернативные растительные топлива (рапсовое масло, биодизель, смесевое минерально-растительное топливо, МЭРМ – метиловый эфир рапсового масла и т.д.). Характеристики основных видов топлив приведены в приложении 6.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг жидкого или 1 м^3 газообразного топлива определяется по его элементарному составу.

Для жидких топлив соответственно в l_0 [кг воздуха/кг топлива] и L_0 [киломоль воздуха/кг топлива]:

$$l_0 = \frac{1}{0{,}23} \cdot \left(\frac{8}{3C} + 8H - O_T \right); \tag{4.11}$$

$$L_0 = \frac{1}{0{,}21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right); \tag{4.12}$$

$$l_0 = m_B \cdot L_0, \tag{4.13}$$

где 0,23 и 0,21 – соответственно значения массового и объемного содержания кислорода в 1 кг воздуха;

m_B – масса 1 киломоля воздуха (m_B = 28,96 кг/кмоль);

C, H, O_T – соответственно массовые доли углерода, водорода и кислорода, содержащихся в топливе (средние значения их приведены в приложении 6).

Для газообразного топлива в [моль воздуха / моль топлива] или [м^3 воздуха / м^3 топлива]:

$$L_0' = \frac{1}{0{,}21} \left[\frac{r_{CO}}{2} + \frac{r_{H_2}}{2} + \sum r_{C_m H_n} \cdot \left(m + \frac{n}{2} \right) - r_{O_2} \right], \tag{4.14}$$

где n, m, r – соответственно число атомов углерода (0...5), водорода (0...12) и кислорода (0...2).

Действительное количество воздуха, поступившее в цилиндр:

$$M_1 = L = \alpha \cdot L_0, \tag{4.15}$$

где α – коэффициент избытка воздуха.

Количество остаточных газов в цилиндре двигателя равно:

$$M_r = \gamma_r \cdot M_1 = \gamma_r \cdot \alpha \cdot L_0. \tag{4.16}$$

Для газообразного топлива количество остаточных газов:

$$M_r = \gamma_r \cdot (\alpha \cdot L_0' + 1), \tag{4.17}$$

где γ_r – коэффициент остаточных газов.

Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива в [кмоль/кг]:

$$\text{при } \alpha \geq 1:\ M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O_T}{32}; \qquad (4.18)$$

$$\text{при } \alpha < 1:\ M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H_2}{4} + \frac{O_T}{32} + 0{,}21 \cdot L_0\left(1-\alpha\right). \qquad (4.19)$$

Для газообразного топлива:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}, \qquad (4.20)$$

где N_2 – количество азота в воздухе.

Состав продуктов сгорания одного киломоля газообразного топлива в кмоль/кмоль, состав которого дается в объемных долях, определяется по формулам:

$$M_{CO_2} = r_{CO} + \sum r_{C_mH_n} \cdot m + r_{CO_2}; \qquad (4.21)$$

$$M_{H_2O} = r_{H_2} + \sum r_{C_mH_n} \cdot n/2 + r_{H_2O}; \qquad (4.22)$$

$$M_{N_2} = 0{,}79\alpha \cdot L_0' + r_{N_2}; \qquad (4.23)$$

$$M_{O_2} = 0{,}21(\alpha - 1)L_0'. \qquad (4.24)$$

Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси характеризует изменение объема газов при сгорании и равен:

$$\beta = \frac{M_2}{M_c} = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}, \qquad (4.25)$$

- для карбюраторных двигателей и двигателей с распределенным впрыском топлива - β = 1,05...1,08;
- для дизелей - β = 1,01...1.05;
- для газовых двигателей - β = 0,95...1,07.

Давление в конце сгорания определяют по формулам:

карбюраторные двигатели

$$P_z = \beta \cdot P_c \cdot \frac{T_z}{T_c}; \qquad (4.26)$$

дизели

$$P_z = \lambda \cdot P_c, \qquad (4.27)$$

где λ – степень повышения давления.

Значение λ для автотракторных двигателей составляет:

- карбюраторные двигатели - 3...4;
- газовые двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива - 3...5;
- дизели - 1,2…2,5.

Температура в конце сгорания определяется из уравнения сгорания, которое имеет вид:

карбюраторные двигатели

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot (Q_H - \Delta Q_H)}{\alpha \cdot L_0 (1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_V \cdot T_z; \qquad (4.28)$$

дизели

$$(C_{V_1} + 8{,}315 \cdot \lambda) \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_0 (1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_p \cdot T_z; \qquad (4.29)$$

газовые двигатели

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H \cdot 10^3}{(\alpha \cdot L'_0 + 1)(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C''_V \cdot T_z, \qquad (4.30)$$

где ξ – коэффициент использования тепла, значение которого находится в пределах:

- д.в.с. с распределенным впрыском топлива - 0,88...0,98;
- карбюраторные двигатели - 0,85...0,95;
- газовые двигатели - 0,80...0,85;
- дизели - 0,70...0,90;

Q_H – низшая теплотворная способность топлива, значение которой для различных топлив приведены в приложении 6;

ΔQ_H – потеря части теплотворности из-за химической неполноты сгорания топлива при $\alpha < 1$.

$$\Delta Q_H = 12 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0 \cdot 10^4, \text{ кДж/кг топлива.} \qquad (4.31)$$

Средние молекулярные теплоемкости в кДж/(кмоль·К) подсчитываются по следующим формулам:

- для свежего заряда:

$$C_{V_1} = 20{,}16 + 1{,}738 \cdot 10^{-3} \cdot T_c, \qquad (4.32)$$

где T_c – температура в конце сжатия, К;

- для продуктов сгорания:

$$C'_V = (18{,}4 + 2{,}6 \cdot \alpha) + (15{,}5 + 13{,}8 \cdot \alpha) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \text{ (при } \alpha < 1); \qquad (4.33)$$

$$C'_p = 8{,}315 + (20 + \frac{0{,}92}{\alpha}) + (15{,}5 + \frac{13{,}8}{\alpha}) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \text{ (при } \alpha \geq 1);$$

- для продуктов сгорания газовых двигателей:

$$C''_V = \sum r_k \cdot C_{V_1}, \qquad (4.34)$$

где r_k – объемная доля каждого газа, входящего в состав продуктов сгорания;

C_{V_1} – теплоемкость этого компонента.

Объемная доля каждого газа, входящего в состав продуктов сгорания:

$$r_k = \frac{M_k}{M_2}, \qquad (4.35)$$

где M_k – число киломолей этого газа, образующегося при сгорании одного киломоля газового топлива.

В этих двигателях считается, что продукты сгорания состоят из CO_2, O_2, N_2 и H_2O.

Уравнения для вычисления средних молекулярных теплоемкостей газов при изменении температуры конца сгорания T_z до 2800°К имеют следующий вид:

$$C_{V_1} = 25{,}5 + 4{,}19 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \text{ (для } H_2O);$$

$$C_{V_1} = 38{,}5 + 3{,}35 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \text{ (для } CO_2); \qquad (4.36)$$

$$C_{V_1} = 22{,}2 + 1{,}26 \cdot 10^{-3} T_z \text{ (для } N_2);$$

$$C_{V_1} = 23 + 1{,}67 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \text{ (для } O_2).$$

Определив числовые значения всех параметров, уравнения сгорания (формулы 3.28...3.30) приводят к квадратному уравнению:

$$a \cdot T_z^2 + b \cdot T_z + c = 0\,. \qquad (4.37)$$

Из этого уравнения определяется значение температуры T_z:

$$T_z = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}\,, \text{ К.} \qquad (4.38)$$

Значения температуры и давления газов в конце сгорания для современных автотракторных двигателей при работе с полной нагрузкой составляют:

- для карбюраторных двигателей:

T_z = 2400…2900 К; P_z = 3,5...6,5 МПа;

- для двигателей с распределенным впрыском топлива:

T_z = 2700…3100 К; P_z = 8...10 МПа;

- для дизелей:

T_z = 1800...2300 К; P_z = 5...12 МПа;

- для газовых двигателей:

T_z = 2200…2500 К; P_z = 3...5 МПа.

4.1.4. Процессы расширения и выпуска

Значения давления P_b и температуры T_b газов в конце процесса расширения рассчитывают по уравнениям политропического процесса:

- для карбюраторных и газовых двигателей

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}};\; T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}};\qquad (4.39)$$

- для дизелей

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}};\; T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}\,, \qquad (4.40)$$

где δ – степень последующего расширения;

$$\delta = \frac{V_b}{V_z} = \frac{\varepsilon}{\rho}\,, \qquad (4.41)$$

где ρ – степень предварительного расширения;

$$\rho = \frac{V_z}{V_c} = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c}. \qquad (4.42)$$

Для автотракторных дизелей

δ = 10...18; ρ = 1,2...2,4.

Показатель политропы расширения n_2 для современных автотракторных двигателей определяется по формуле:

$$n_2 = 1{,}22 + \frac{130}{n}. \qquad (4.43)$$

При номинальной нагрузке находится в пределах:

- для карбюраторных двигателей и двигателей с распределенным впрыском топлива - 1,23…1,30;
- для газовых двигателей - 1,25…1,35;
- для дизелей - 1,18…1,28.

Значения давления и температуры для современных автотракторных двигателей составляют:

- для бензиновых и газовых двигателей:

P_b = 0,35...0,60 МПа, T_b = 1400...1700 К;

- для дизелей:

P_b = 0,2...0,5 МПа, T_b = 1000…1400 К.

Для проверки теплового расчета и правильности выбора параметров процесса выпуска можно использовать формулу профессора Е.К. Мазинга:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}}. \qquad (4.44)$$

Если полученная величина T_r значительно (более 15%) отличается от ранее выбранной (п. 4.1.1), то необходимо внести уточнения в тепловой расчет.

4.1.5. Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя

Теоретическое среднее индикаторное давление можно определить по построенной индикаторной диаграмме (рис. 4.1, 4.2):

$$P_{i\ расч} = \mu_p \cdot \frac{F}{l}, \qquad (4.45)$$

где F – площадь индикаторной диаграммы (a, c, z, z', b, a), мм^2;

μ_p – масштаб индикаторной диаграммы по оси давлений (1 мм = μ МПа);

l – длина индикаторной диаграммы, мм.

При ориентировочных расчетах нижняя граница индикаторной диаграммы устанавливается по линии внешнего атмосферного давления, т.е. часть площади диаграммы $(P_r – P_0)\ V_h$ не учитывается.

Величина среднего теоретического индикаторного давления подсчитывается аналитическим путем на основании формулы (для четырехтактных дизелей):

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot [\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1}(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}) - \frac{1}{n_1 - 1}(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}})] \qquad (4.46)$$

для двигателей с искровым зажиганием:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1}\left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot (1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}}) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot (1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}})\right]. \qquad (4.47)$$

Точность построения индикаторной диаграммы оценивается коэффициентом погрешности:

$$\delta_n = [(P'_{i\ расч} - P'_i) \Big/ P'_{i\ расч}] \cdot 100\%. \qquad (4.48)$$

Коэффициент δ_n не должен превышать 3...4%.

Действительное среднее индикаторное давление определяется из уравнения:

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i, \qquad (4.49)$$

где ν – коэффициент полноты индикаторной диаграммы (для двигателей с искровым зажиганием – ν = 0,94…0,97; для дизелей – ν = 0,92…0,95).

$\Delta P_i = P_r - P_a$ – потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов.

Величина среднего индикаторного давления для автомобильных двигателей имеет следующие значения:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,6...1,6 МПа;
- двигатели с распределенным впрыском топлива - 1,2...1,6 МПа;
- дизели без наддува - 0,6...1,1 МПа;
- дизели с наддувом - 0,8...2,2 МПа.

Среднее давление механических потерь в двигателе определяется по следующим выражениям:

- для двигателей с искровым зажиганием:

при $S/D>1$ $P_м = 0{,}05 + 0{,}0155 \cdot C_п$, МПа; (4.50)

при $S/D<1$ $P_м = 0{,}04 + 0{,}0135 \cdot C_п$, МПа; (4.51)

- для дизелей с неразделенной камерой сгорания:

$$P_м = 0{,}105 + 0{,}012 \cdot C_п, \text{ МПа;} \quad (4.52)$$

- для дизелей с разделенной камерой сгорания:

$$P_м = 0{,}105 + 0{,}014 \cdot C_п, \text{ МПа;} \quad (4.53)$$

где $C_п$ – скорость поршня при номинальной мощности.

Среднее эффективное давление:

$$P_e = P_i - P_м. \quad (4.54)$$

Механический к.п.д. двигателя:

$$\eta_м = \frac{P_e}{P_i}. \quad (4.55)$$

Механический к.п.д. двигателей находится в следующих пределах:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,70...0,90;
- дизели без наддува - 0,70...0,82;
- дизели с наддувом - 0,80...0,90.

Среднее эффективное давление для современных автомобильных двигателей составляет:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,50...1,30 МПа;
- дизели без наддува - 0,55...0,85 МПа;
- дизели с наддувом - 0,70...1,75 МПа.

Исходя из заданной величины эффективной мощности N_e, номинальной частоты вращения n, числа цилиндров i, тактности τ и среднего эффективного давления P_e, определяется рабочий объем цилиндра двигателя по формуле:

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i}. \qquad (4.56)$$

Рабочий объем цилиндра, с другой стороны, равен:

$$V_h = \pi \cdot S \cdot \frac{D^2}{4}, \qquad (4.57)$$

где D – диаметр цилиндра, дм;

S – ход поршня, дм.

Диаметр цилиндра определяется из выражения:

$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot k}}, \text{ мм}, \qquad (4.58)$$

где $k = S/D$ – отношение хода поршня к диаметру цилиндра.

Современные автотракторные двигатели проектируются с невысоким значением k:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,7...1,0;
- двигатели дизельные - 0,9…1,3.

Ход поршня

$$S = D \cdot k. \qquad (3.59)$$

Полученные значения S и D округляют до целых четных чисел или до нуля целых и пяти десятых.

По принятым значениям D и S (в мм) определяют основные параметры и показатели двигателя:

- рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6}, \text{ л}; \qquad (4.60)$$

- эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт}; \qquad (4.61)$$

- эффективный крутящий момент

$$M_k = 9550 \cdot \frac{N_e}{n}, \text{ Нм;} \qquad (4.62)$$

- средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4}, \text{м/с.} \qquad (4.63)$$

Оценка работы двигателя с точки зрения использования рабочего объема, а также тепловой и динамической напряженности, производится по удельной литровой и поршневой мощностям:

$$N_л = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/л;} \qquad (4.64)$$

$$N_п = \frac{N_e}{F_п \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/дм}^2. \qquad (4.65)$$

Значения литровой $N_л$ и поршневой $N_п$ мощностей для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

	$N_л$	$N_п$
- двигатели с искровым зажиганием	20…55;	25…45;
- двигатели дизельные	10…25;	20…35.

В качестве измерителей топливной экономичности двигателя при работе его на номинальной мощности принимаются:

- эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{Q_н \cdot \eta_e}, \text{ г/(кВт ч),} \qquad (4.66)$$

где $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_м$ – эффективный к.п.д. двигателя;

- часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч;} \qquad (4.67)$$

- индикаторный к.п.д. двигателя вычисляется по выражению

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{Q_н \cdot \rho_0 \cdot \eta_v}, \qquad (4.68)$$

где $l_0 \approx 14{,}5$ кг/кг;

α – коэффициент избытка воздуха;

$Q_н$ – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг;

η_v – коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{\left(P_a \cdot \varepsilon - P_r\right) \cdot T_k}{P_k \left(\varepsilon - 1\right) \cdot \left(T_k + \Delta T\right)}; \qquad (4.69)$$

ρ_0 – плотность заряда на впуске, кг/м^3:

$$\rho_0 = P_0 \cdot 10^6 \big/ (B \cdot T_0)$$

или

$$\rho_k = P_k \cdot 10^6 \big/ (B \cdot T_k) \text{ – при наддуве,}$$

где B – удельная газовая постоянная [B = 287 Дж/(кг·град)].

Для современных двигателей η_i составляет:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,26...0,35;
- дизели - 0,38...0,50.

Эффективный к.п.д. для автомобильных двигателей находится в следующих пределах:

- двигатели с искровым зажиганием - 0,21...0,31;
- дизели - 0,31...0,42.

Эффективный удельный объемный расход газа (для газового двигателя) определяется по формуле:

$$\upsilon_e = 87{,}8 \big/ (Q_н \cdot \eta_e), \text{ м}^3/(\text{кВт ч}). \qquad (4.70)$$

Удельный эффективный расход теплоты:

$$g_e = (\upsilon_e \cdot Q_н) \big/ 24{,}4, \text{ МДж/(кВт ч)}. \qquad (4.71)$$

Значение эффективного удельного расхода топлива составляет:

- бензиновые двигатели - 300...370 г/(кВт·ч);
- дизели с неразделенными камерами сгорания - 225...260 г/(кВт·ч);
- газовые двигатели (расход теплоты) - 14...17 МДж/(кВт·ч).

Часовой расход топлива для газовых двигателей (при T_0 = 288К; P_0 = 0,098 МПа):

$$G_T = \upsilon_e \cdot N_e, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (4.72)$$

Полученные значения основных размеров двигателя и показатели эффективности его работы заносятся в таблицу 4.1.

Примеры теплового расчета и расчета основных показателей бензинового и дизельного д.в.с. приведены в приложении 7.

4.1.6. Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ

Результаты теплового расчета двигателя и его основные размеры записываются в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Результаты теплового расчета двигателя

Давление газов, МПа					Температура газов, К°				Среднее давление МПа		К. п. д.			Удельный эффективный расход топлива	Размеры двигателя		
P_a	P_c	P_z	P'_z	P_b	T_a	T_c	T_z	T_b	P_e	P_i	η_i	η_M	η_e	g_e, г/(кВт ч)	S, мм	D, мм	V_h, л

Представленные в таблице 4.1 данные являются результатом предварительного ручного расчета параметров проектируемого двигателя, которые не всегда могут быть оптимальными в сравнении с прототипом по основным показателям: эффективной мощности N_e, размерам двигателя D и S, удельному эффективному расходу топлива g_e.

В связи с этим необходимо определить наиболее оптимальный вариант теплового расчета проектируемого двигателя с помощью расчетных программ ПЭВМ, имеющихся в компьютерном классе инженерного факультета, путем варьирования входными параметрами. Полученные при машинном расчете показатели двигателя корректируются с учетом данных прототипа и представляются распечаткой в пояснительной записке (прил. 8).

Таблица 4.2

Сравнение показателей прототипа и результатов теплового расчета проектируемого двигателя

Показатели	Ne, кВт	D, мм	S, мм	g_e, г/(кВт ч)
Прототип				
Результаты ручного расчета				
Результаты машинного расчета				

Принятые оптимальными результаты ручного или машинного расчета используются в дальнейшем при построении индикаторной диаграммы и динамическом расчете проектируемого двигателя.

4.1.7. Расчет теплового баланса двигателя

Количество теплоты, выделяемой при сгорании вводимого в двигатель топлива за определенное время:

для жидкого топлива

$$Q_0 = \frac{Q_H \cdot G_T}{3600}, \text{ кДж/с}, \tag{4.73}$$

где Q_H – низшая теплота сгорания, кДж/кг;

для газообразного топлива

$$Q_0 = Q_H \cdot G_T / 87{,}8, \text{ кДж/с}, \tag{4.74}$$

где Q_H – низшая теплота сгорания, МДж/кмоль;

G_T – часовой расход топлива, м^3/ч.

Теплота, эквивалентная эффективной работе:

$$Q_e = N_e, \text{ кДж/с}, \tag{4.75}$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

Количество теплоты, передаваемой охлаждающей жидкости:

$$Q_{охл} = c \cdot i \cdot D^{1+2m} \cdot n^m \cdot \frac{Q_н - \Delta Q_н}{\alpha \cdot Q_н \cdot 1000}, \text{ кДж/с}, \tag{4.76}$$

где c – коэффициент пропорциональности (для четырехтактных двигателей c = 0,45…0,53);

i – число цилиндров;

D – диаметр цилиндра, см;

m – показатель степени ($m = 0{,}6\ldots0{,}7$);

n – частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$;

α – коэффициент избытка воздуха.

Количество теплоты, теряемое в связи с неполнотой сгорания при $\alpha < 1$:

$$\Delta Q_H = 12 \cdot 10^4 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0 \text{, кДж/кг;} \qquad (4.77)$$

$$Q_{н.с.} = \frac{\Delta Q_H \cdot G_T}{3600} \text{, кДж/с.} \qquad (4.78)$$

Количество теплоты, теряемой с отработавшими газами:

$$Q_г = \frac{G_T (c'_p M_2 T'_r - c_{p_1} \alpha \cdot L_0 T_0)}{3600} \text{, кДж/с;} \qquad (4.79)$$

для двигателей, работающих на газовом топливе:

$$Q_г = \frac{G_T [c'_p \cdot M_2 \cdot T'_r - c_{p_1} (\alpha \cdot L_0 + 1) \cdot T_0]}{87{,}8} \text{, кДж/с,} \qquad (4.80)$$

где α – коэффициент избытка воздуха;

T'_r – температура отработавших газов ($T'_r = T_r - 70°$);

c_p и c'_p – средние молекулярные теплоемкости свежего заряда и продуктов сгорания;

$$c_{p_1} = 8{,}315 + c_{v_1}; \qquad (4.81)$$

где $c'_p = 8{,}315 + c'_v$ – для двигателей, работающих на жидком топливе;

$c'_p = 8{,}315 + c''_v$ – для газовых двигателей.

Значения c_v, c'_v, c''_v определяются по формулам, указанным в «Тепловом расчете двигателя».

Неучтенные потери теплоты включаются в остаточный член баланса:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_{охл} + Q_г + Q_{н.с.}). \qquad (4.82)$$

Составляющие теплового баланса показаны в таблице 4.3.

Таблица 4.3

Результаты расчета теплового баланса двигателя

Составляющие теплового баланса	Q, кДж/с	q, %

По результатам расчета теплового баланса судят об эффективности рабочего цикла двигателя, а также об эффективности системы охлаждения.

4.1.8. Расчет и построение индикаторной диаграммы

Индикаторная диаграмма строится совмещенной: теоретическая и действительная в координатных осях PV, в которой по оси ординат откладывается давление газов в цилиндре в МПа, а по оси абсцисс – полный объем цилиндра.

Размеры индикаторной диаграммы по оси абсцисс (объемы) рекомендуется брать не менее 100...150 мм. Высота по оси ординат (давление) должна быть больше длины в 1,2...1,5 раза.

На оси абсцисс (рис. 4.1, 4.2) откладывают произвольный отрезок, изображающий в каком-либо масштабе объем камеры сгорания V_c, этот отрезок принимается за единицу. Для бензиновых двигателей со степенью сжатия менее 10 рекомендуется брать отрезок 20 мм, для дизелей со степенью сжатия 12…15 – 15 мм, для дизелей со степенью сжатия более 15 – 10 мм.

На этой оси откладываются в принятом масштабе объемы:

$$V_z = \rho \cdot V_c; \quad V_a = \varepsilon \cdot V_c = V_c + V_h.$$

Масштаб давлений μ_P выбирается из следующих рекомендуемых значений: 0,02; 0,025; 0,04; 0,05; 0,08; 0,1 МПа/мм.

В принятом масштабе давлений по оси ординат отмечают точки a, c, z, z', b, r, соответствующие давлениям: P_a, P_c, P_z, P_b, P_r, давление $P_z'=P_z$, первое из них соответствует точке V_c на оси абсцисс, второе – точке V_z.

Через точки $P_z'=P_z$, P_0 и P_r проводят прямые, параллельные оси абсцисс. Точки a и c соединяются политропой сжатия, а точки z и b – политропой расширения. Промежуточные точки этих кривых определяются из условия, что каждому значению V_x на оси абсцисс соответствуют следующие значения давлений:

$$P_x = P_a \cdot \left(\frac{V_a}{V_x}\right)^{n_1}$$ – для политропы сжатия;

$$P'_x = P_b \cdot \left(\frac{V_b}{V_x}\right)^{n_2}$$ – для политропы расширения,

где P_x и P_x' – искомые давления в промежуточных точках на политропах сжатия и расширения;

V_a/V_x, V_b/V_x – отношение объемов, выраженных в единицах длины (по чертежу);

n_1 и n_2 – показатели политроп сжатия и расширения.

Для двигателей с искровым зажиганием отношение V_a/V_x изменяется в пределах 1... ε , для дизелей в первом случае от 1 до ε, во втором – 1... δ, где δ – степень последующего расширения.

Для построения политроп необходимо определить значения давлений в нескольких точках, включая точки a и c, z и b. Как правило, количество промежуточных точек принимается равным степени сжатия. Результаты расчетов ординат точек политроп рекомендуется записать в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Расчет политроп сжатия и расширения

№ точки	Ox, мм	OB/Ox	Политропа сжатия			Политропа расширения		
			$(OB/Ox)^{n_1}$	Px/μ_p, мм	Px, МПа	$\left(\frac{OB}{OX}\right)^{n_2}$	$P'x/\mu_p$, мм	$P'x$

Расчет параметров таблицы 4.4 может быть выполнен по программе ПЭВМ с учетом типа двигателя.

По полученным данным строится теоретическая индикаторная диаграмма. Для получения действительной диаграммы необходимо нанести скругления на теоретическую. Приближенное скругление выполняется следующим образом. Касание политропы сжатия линии в.м.т. должно быть выше точки c примерно на 1/3 отрезка cz (рис. 4.1) или отрезка cz' (рис. 4.2), а начало видимого повышения давления на линии сжатия должно находиться до в.м.т. за $0{,}08V_h$ (для двигателей с искровым зажиганием) и за $0{,}04V_h$ (для дизелей). Действительное давление в конце сгорания составляет $0{,}85P_z$

(рис. 4.1). Положение точки z' (рис. 4.1) должно быть смещено вправо от линии cz на 10...15° поворота коленчатого вала по развернутой индикаторной диаграмме.

Точка b', характеризующая конец расширения в действительном рабочем цикле, обычно расположена на половине расстояния между точками a и b (рис. 4.1, 4.2).

Построение индикаторной диаграммы для дизеля с наддувом практически не отличается от описанного выше способа; только линия впуска будет проходить выше линии атмосферного давления и может совпадать с линией выпуска.

4.2. Динамический расчет двигателя внутреннего сгорания

4.2.1. Анализ схемы сил, действующих в КШМ проектируемого двигателя

В двигателях внутреннего сгорания возвратно-поступательное движение поршня при последовательной реализации действительного рабочего цикла преобразуется во вращательное движение коленчатого вала посредством кривошипно-шатунного механизма (КШМ). Динамический расчет кривошипно-шатунного механизма заключается в определении характера действия суммарных сил и моментов, возникающих от давления газов и сил инерции (рис. 4.3). С учетом этих сил рассчитывают основные детали на прочность и износ.

При работе двигателя на детали КШМ действуют силы давления газов в цилиндре, силы инерции возвратно-поступательно движущихся масс, центробежные силы, давление на поршень со стороны картера и силы тяжести. Действующие силы воспринимаются полезным сопротивлением от силовой передачи машины, силами трения и опорами двигателя. Для определения характера действия сил и моментов, изменяющихся по величине и направлению, в динамическом расчете рационально их определение для отдельных положений коленчатого вала через 10…30° поворота в пределах продолжительности рабочего цикла (720° – четырехтактный цикл, 360° – двухтактный цикл).

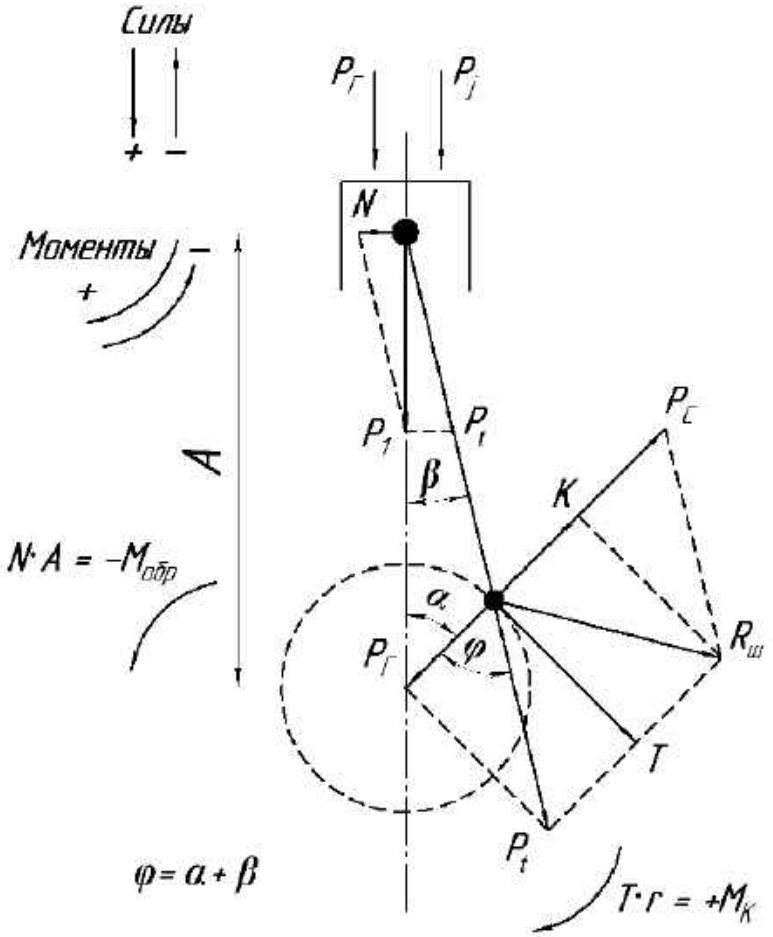


Рис. 4.3. Схема сил, действующих в КШМ

а) Силы, приведенные к оси поршневого пальца:

1) $P_Г$ – сила давления газов;

2) P_j – сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс.

3) суммарная сила, приведенная к оси поршневого пальца

$$P_1 = P_Г + P_j. \qquad (4.83)$$

4) нормальная сила создает обратный момент

$$N = P_1 \cdot tg\beta. \tag{4.84}$$

$$M_{обр} = -N \cdot A. \tag{4.85}$$

5) сила, действующая вдоль шатуна

$$P_t = \frac{P_1}{\cos\beta}. \tag{4.86}$$

б) Силы, приведенные к оси шатунной шейки (обусловлены действием силы P_t и силы инерции вращающихся масс P_c):

1) центростремительная сила

$$Z = P_t \cdot \cos(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos\beta}. \tag{4.87}$$

2) тангенциальная сила

$$T = P_t \cdot \sin(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos\beta} \tag{4.88}$$

создает крутящий момент двигателя

$$M_k = T \cdot r. \tag{4.89}$$

3) суммарная сила, действующая вдоль кривошипа,

$$K = P_c + Z. \tag{4.90}$$

4) результирующая сила, нагружающая шатунную шейку,

$$R_{Ш} = \overline{P}_t + \overline{P}_C, \text{ или } R_{Ш} = \sqrt{K^2 + T^2}. \tag{4.91}$$

Сила $R_{Ш}$ определяет величину и равномерность износа шатунной шейки и нагружает коренную шейку коленвала двигателя.

в) Силы инерции и приведение масс КШМ:

$$P_j = -m_1 \cdot j = -m_1 r\omega^2(\cos\alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha); \tag{4.92}$$

$$P_c = -m_r \cdot r \cdot \omega^2; \tag{4.93}$$

где m_1 – массы, движущиеся возвратно-поступательно;

m_r – вращающиеся массы;

$$m_1 = m_П + (0{,}2..0{,}3)m_{Ш}. \tag{4.94}$$

где $m_П$ – масса поршневой группы;

$m_{Ш}$ – масса шатуна;

$\frac{l_k}{l_П} \cdot m_Ш \approx 0{,}275 m_Ш$ – масса шатуна, отнесенная к оси поршневого пальца (рис. 4.4).

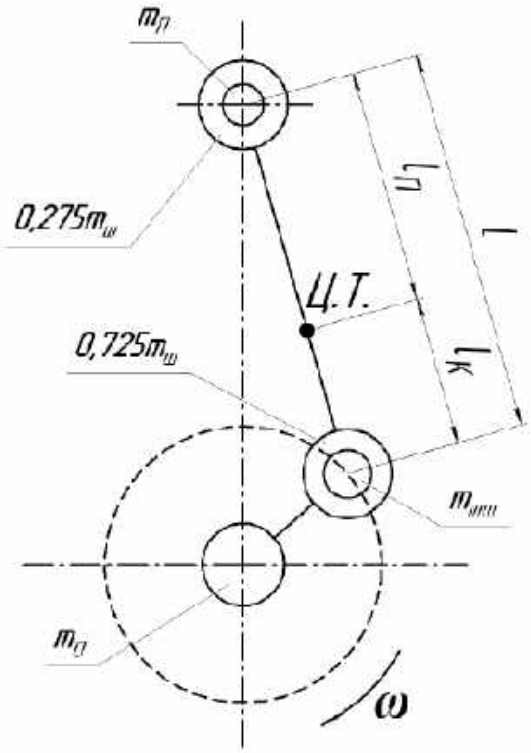


Рис. 4.4. Схема приведения масс КШМ

Масса шатуна, отнесенная к оси шатунной шейки:

$$m_r = (0{,}7...0{,}8)m_Ш = \frac{l_П}{l_K} \cdot m_Ш \approx 0{,}725 m_Ш , \qquad (4.95)$$

$$P_j = P_j' + P_j'' = -\left(m_1 \omega^2 r \cos\alpha + m_1 \omega^2 r \lambda \cos 2\alpha\right), \qquad (4.96)$$

где P_j' – силы инерции первого порядка,

P_j'' – силы инерции второго порядка.

Направление сил P_j' и P_j'' с учетом характера изменения ускорения в функции угла поворота кривошипа показано на рисунке 4.5.

Центробежная сила P_C нагружает шатунную шейку, складываясь с силой P_t.

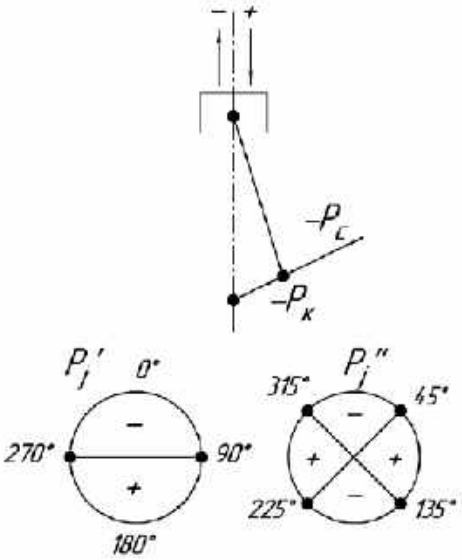


Рис. 4.5. Направление действия сил инерции

Коренные шейки дополнительно нагружаются силой P_K, образуя суммарную силу P_Σ.

$$P_\Sigma = -(P_C + P_K)\,. \qquad (4.97)$$

В курсовом проекте рассматривается действие сил, приведенных в приложении 9.

4.2.2. Обоснование входных параметров и методы динамического расчета двигателя

Динамический расчет предусматривает определение и анализ действия сил, приведенных к оси поршневого пальца и оси шатунной шейки, и может быть выполнен одним из двух методов:

– ручной расчет по формулам (4.83…4.97) и справочной информации приложений 10, 11, 12, 13, 14 и 15 с представлением итоговой расчетной таблицы (прил. 9);

– машинный расчет по программе ПЭВМ с представлением итоговой распечатки (прил. 9).

При том и другом методе необходимо выбрать и обосновать входные параметры для динамического расчета с учетом исходных данных и результатов теплового расчета двигателя.

- Радиус кривошипа коленчатого вала $R=S/2$.
- Отношение радиуса кривошипа R к длине шатуна l: $\lambda=R/l=0{,}24…0{,}3$ (прил. 12).
- Угловая скорость коленчатого вала $\omega=(\pi n)/30$, $с^{-1}$, где $n=n_H$, $мин^{-1}$ – частота вращения коленчатого вала при номинальном режиме работы.
- Массы, движущиеся возвратно-поступательно m_j, и вращающиеся массы m_r определяются по формулам (4.94) и (4.95), с учетом масс отдельных элементов КШМ по прототипу двигателя или по значениям удельных масс деталей (прил. 10), отнесенных к единице площади поршня $F_П=(\pi D^2)/4$, $м^2$.
- Масштаб сил $\mu_F=\mu_P \cdot F_П \cdot 10^6$, Н/мм, где $F_П$ в $м^2$, масштаб давлений μ_P в МПа/мм.
- Изменение силы давления газов $P_Г$ в функции угла поворота коленчатого вала α в пределах рабочего цикла (от 0 до 720° для 4-тактного и от 0 до 360° для 2-тактного) с интервалом значений $P_Г$ через 30° и с учетом поправки Ф. А. Брикса при построении развернутой индикаторной диаграммы.

4.2.3. Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца

Сила давления газов определяется по формуле:

$$P_г = \frac{(P_x - P_0) \cdot \mu_p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 10^6}{4}, \text{Н}, \qquad (4.98)$$

где P_x – текущее значение давления газов по индикаторной диаграмме, мм;

P_0 – атмосферное давление, МПа;

μ_p – масштаб давлений, МПа/мм;

D – диаметр цилиндра, м.

Определение текущих значений давления газов P_x через каждые 30° угла поворота коленчатого вала выполняется по методу проф. Ф. А. Брикса (рис. 4.6) с целью определения действительного давления газов в цилиндре при неравномерном ходе поршня.

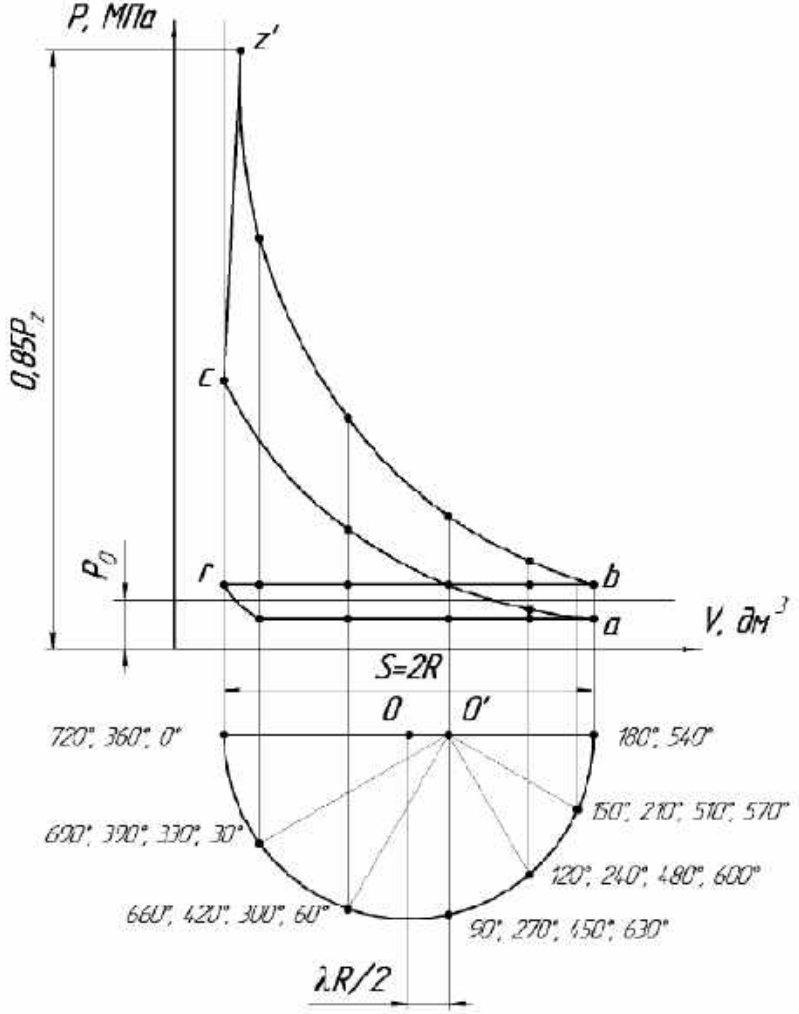


Рис. 4.6. Индикаторная диаграмма с поправкой Ф.А. Брикса

Для этого ниже индикаторной диаграммы строится полуокружность радиусом, равным половине хода поршня S на графике. Вправо по горизонтали от центра откладывается отрезок (поправка Брикса), равный $\lambda R/2$, где R – радиус кривошипа (берется с индикаторной диаграммы); $\lambda=R/L=0{,}25...0{,}30$ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна L. При выборе λ руководствуются такими соображениями: с точки зрения уменьшения нормальных к стенке цилиндра усилий более длинный шатун (т.е. меньшее значение λ) предпочтительнее, но с увеличением L увеличиваются высота, масса шатуна и двигателя. При коротком шатуне возникает опасность задевания шатуна за нижнюю кромку цилиндра, а юбки поршня – за коленчатый вал. Значения постоянной λ кривошипно-шатунного механизма для автотракторных двигателей представлены в приложении 12.

Определив поправку Брикса, из нового центра O' проводятся лучи через каждые 30° до пересечения с полуокружностью. Точки пересечения этих лучей с полуокружностью проектируются на кривые впуска, выпуска, а так же политропы сжатия и расширения индикаторной диаграммы. Расстояния от линии P_0 до полученных точек в мм записываются в таблицу (прил. 9) и используются при расчете по программе на ПЭВМ.

Из уравнения (4.98) следует, что индикаторная диаграмма в некотором масштабе представляет собой диаграмму сил давления газов $P_Г$. Если масштаб давлений μ_P в МПа/мм, а площадь поршня $F_П$ в м^2, то масштаб сил давления газов μ_F в Н/мм

$$\mu_F = \mu_P \cdot F_П \cdot 10^6 . \qquad (4.99)$$

Сводную диаграмму сил давления газов $P_Г$, сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно P_j, и суммарной силы P_i рационально совместить с индикаторной диаграммой (рис. 4.7).

В данном случае развернутая по углу поворота коленчатого вала индикаторная диаграмма (в масштабе μ_P) будет одновременно характеризовать изменение силы давления газов $P_Г$ (в масштабе μ_F). Однако чтобы учесть атмосферное давление в картере двигателя P_0 и получить действительное значение давления газов на поршень, начало координат развернутого графика в функции α необходимо сместить вверх на уровень P_0 свернутой индикаторной диаграммы.

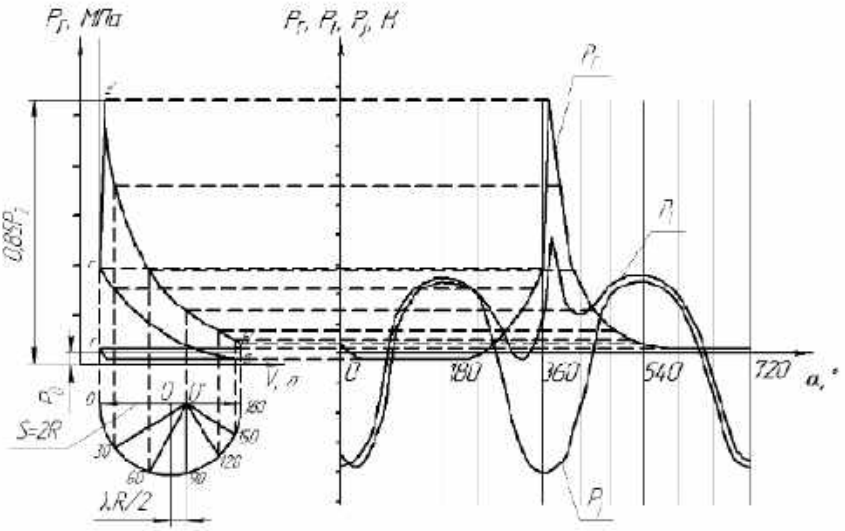


Рис. 4.7. Сводный график сил, приведенных к оси поршневого пальца

Значения сил P_j и P_t при различных значениях α определяются ручным расчетом по формулам (4.83) и (4.92) или машинным расчетом по программе ПЭВМ (прил. 9, 13, 14) и наносятся на сводный график (рис. 4.7) в масштабе сил μ_P. При ручном расчете значения сил P_j и P_t заносятся в таблицу (прил. 9).

4.2.4. Расчет и построение диаграммы тангенциальной силы и крутящего момента двигателя

Тангенциальная сила одноцилиндрового двигателя определяется ручным расчетом по формуле (4.88) или машинным расчетом (прил. 9) и наносится на диаграмму (рис. 4.8).

Положительные значения силы T откладываются вверх по оси абсцисс, а отрицательные – вниз.

Для многоцилиндровых двигателей строится суммарная диаграмма тангенциальных усилий, действующих в каждом цилиндре. Для этого определяются углы смещения графика тангенциальных сил для отдельных цилиндров относительно графика для первого цилиндра.

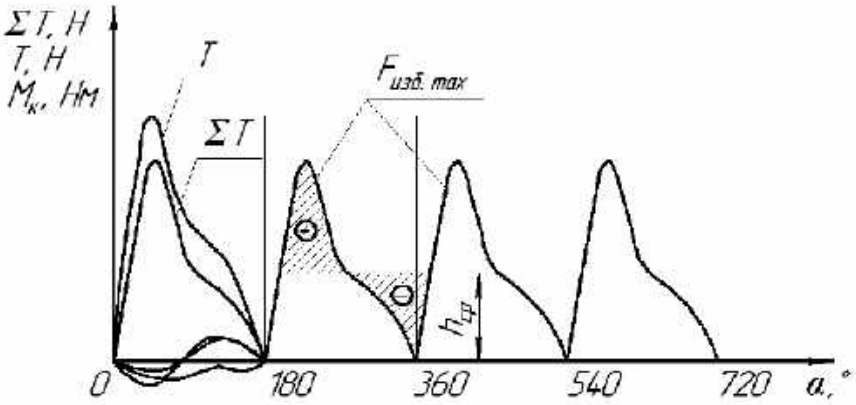


Рис. 4.8. Диаграмма суммарной тангенциальной силы и крутящего момента четырехцилиндрового двигателя:
T – тангенциальные силы одного цилиндра на разных тактах рабочего цикла; ΣT – суммарная тангенциальная сила; $M_К$ – крутящий момент

Так, например, на суммарной диаграмме тангенциальных сил четырехтактного двухцилиндрового двигателя наносятся две диаграммы, сдвинутые одна относительно другой на 180°, если порядок работы цилиндров 1-2-0-0, и на 540° – при порядке работы 1-0-0-2. Для четырехцилиндровых четырехтактных рядных двигателей отдельные диаграммы должны быть последовательно сдвинуты по фазе одна относительно другой на 180°, у шестицилиндровых рядных – на 120°.

У четырехцилиндровых четырехтактных двигателей на одном участке суммарной диаграммы строятся четыре отдельных графика, на остальных участках – только их результирующие (рис. 4.8).

Суммарная диаграмма тангенциальных сил может быть получена аналитически.

Определение углов смещения графика тангенциальных сил для отдельных цилиндров относительно графика для первого цилиндра для четырехтактных двигателей с неравномерным чередованием вспышек осуществляется по формуле:

$$\psi_i = 720 - \sum \Theta , \qquad (4.100)$$

где $\sum \Theta$ – сумма всех интервалов между вспышками в пределах от первого до *i*-го цилиндра (прил. 11).

Определив углы смещения для всех цилиндров, и используя график тангенциальной силы для одного цилиндра, заполняют таблицу (прил. 15).

Полученные значения тангенциальных сил для всех цилиндров двигателя алгебраически суммируются в каждой строке таблицы (прил. 15) и определяется значение суммарной тангенциальной силы при соответствующих углах поворота коленчатого вала.

Для двигателей с равномерным чередованием вспышек угол смещения графика тангенциальной силы относительно графика для первого цилиндра определяется по формуле:

$$\psi_i = (i - n + 1) \cdot \Theta \,, \qquad (4.101)$$

где i – число цилиндров двигателя;

n – порядковый номер вспышки;

Θ – интервал между вспышками.

Для четырехтактных двигателей: $\Theta = 720°/i$. Примеры расчета углов смещения приведены в приложении 16.

После построения графика определяется среднее значение тангенциальной силы (средняя ордината диаграммы) по выражению:

$$h_{ср} = (\Sigma F_{пол} - \Sigma F_{отр}) \Big/ l \,, \text{ мм}, \qquad (4.102)$$

где $\Sigma F_{пол}$ – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных над осью абсцисс, мм^2;

$\Sigma F_{отр}$ – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных под осью абсцисс, мм^2;

l – длина диаграммы, мм.

При аналитическом определении суммарной тангенциальной силы, средняя ордината вычисляется путем деления алгебраической суммы ординат для каждого угла α на число ординат.

Затем проверяется правильность построения диаграммы тангенциальных сил. Для этого необходимо:

1) Определить значение средней тангенциальной силы по формуле:

$$T_{ср} = h_{ср} \cdot \mu_T \,, \text{ Н}, \qquad (4.103)$$

где μ_T – масштаб тангенциальной силы Н/мм.

2) Определить среднее значение крутящего момента:

$$M_k = T_{cp} \cdot R \text{ , Н·м,} \qquad (4.104)$$

где R – радиус кривошипа, м.

3) Определить эффективный крутящий момент двигателя при расчетной мощности:

$$M_e = M_k \cdot \eta_M \text{ ,} \qquad (4.105)$$

где η_M – механический к.п.д проектируемого двигателя.

4) Определить мощность двигателя по формуле:

$$N_e = \left(M_e \cdot n\right)/9550 \text{ , кВт,} \qquad (4.106)$$

где n – частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$.

Расхождение с расчетной мощностью не должно превышать ±5%.

Кривые тангенциальных сил являются одновременно в некотором масштабе μ_M и кривыми индикаторных крутящих моментов M_K. Этот масштаб в Н·м/мм можно подсчитать по формуле:

$$\mu_M = \mu_T \cdot R \text{ .} \qquad (4.107)$$

На графике суммарной тангенциальной силы изобразить дополнительную ось с обозначением в вышеуказанном масштабе значений M_K.

4.2.5. Расчет маховика проектируемого двигателя

Для расчета массы маховика необходимо:

- определить избыточную работу крутящего момента

$$L_{изб} = F_{изб} \cdot \mu_M \cdot \mu'_\alpha \text{ ,} \qquad (4.108)$$

где $F_{изб}$ – максимальная избыточная площадка над прямой средней тангенциальной силы, мм^2 (рис. 4.8);

$\mu'_\alpha = 4 \cdot \pi / b$ – масштаб угла поворота коленчатого вала на диаграмме, рад/мм;

b – длина диаграммы, мм.

- определить момент инерции маховика (кг·м^2), способного обеспечить требуемую равномерность хода двигателя,

$$J_M \approx (0{,}8...0{,}9) \cdot \frac{L_{изб}}{\delta \cdot \omega^2}, \qquad (4.109)$$

где 0,8…0,9 – доля момента инерции маховика с учетом вращающихся масс муфты сцепления;

ω – расчетная угловая скорость коленчатого вала, рад/с,

δ – степень неравномерности вращения коленчатого вала.

У тракторных двигателей δ=0,01...0,02.

У автомобильных двигателей δ=0,01...0,03.

Для маховика, выполненного в виде диска с массивным ободом, по моменту инерции определяют его диаметр и массу:

$$J_M \cong m_M r_{ср}^2 = \frac{m_M D_{ср}^2}{4}, \qquad (4.110)$$

где $D_{ср}$ – средний диаметр обода, м;

m_M – масса маховика, кг.

Задаваясь диаметром обода $D_{ср}$, определяют необходимую массу маховика. Ориентировочно

$$D_{ср} = (2..3) \cdot S, \text{ м}, \qquad (4.111)$$

где S – ход поршня, м.

Таким образом, полученное значение массы маховика

$$m_M = 4 \cdot J_M \Big/ D_{ср}^2. \qquad (4.112)$$

учитывает конструкционные и динамические параметры проектируемого двигателя.

4.2.6. Расчет подшипника кривошипной головки шатуна

Результирующая сила $R_Ш$, приведенная к оси шатунной шейки (рис. 4.9) определяется ручным расчетом по формуле (4.91) или машинным расчетом по программе ПЭВМ, и характеризуется максимальным $R_{Шmax}$ и средним $R_{ШСР}$ значениями.

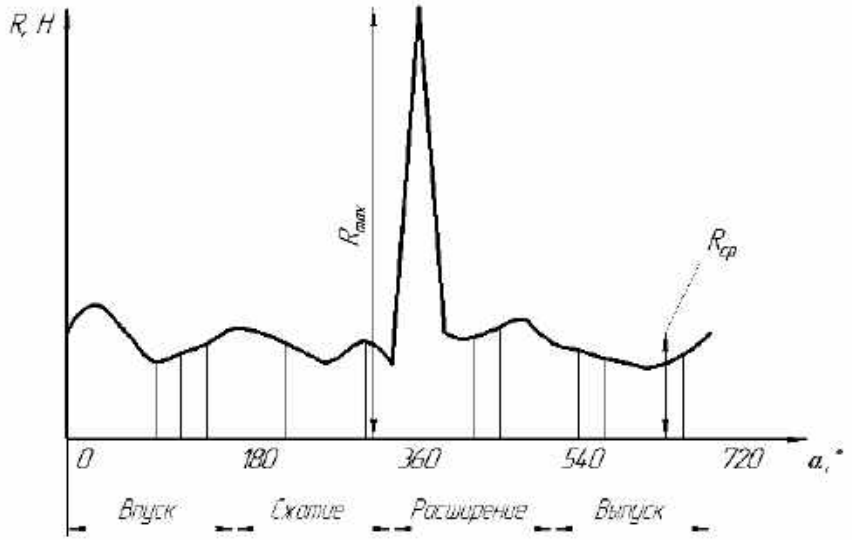


Рис. 4.9. Диаграмма результирующей силы $R_Ш$, приведенной к оси шатунной шейке

Конструктивные размеры шатунной шейки коленчатого вала и подшипника кривошипной головки шатуна определяются с учетом основных размеров двигателя (D – диаметр цилиндра, S – ход поршня) и характера изменения результирующей силы $R_Ш=f(\alpha)$, приведенной к оси шатунной шейки (рис. 4.9), по следующим соотношениям:

- диаметр шатунной шейки $d_{ШШ}=(0{,}56\ldots0{,}75)D$;
- толщина стенки вкладыша:
  - тонкостенного $t_в=(0{,}03\ldots0{,}05)\ d_{ШШ}$;
  - толстостенного $t_в=0{,}1d_{ШШ}$;
- расстояние между шатунными болтами $l_б=(1{,}30\ldots1{,}75)\ d_{ШШ}$;
- длина кривошипной головки $l_к=(0{,}45\ldots0{,}95)\ d_{ШШ}$;
- рабочая ширина шатунного вкладыша $l_Ш= l_к-2r_Г$, где $r_Г=(0{,}06\ldots0{,}07)\ d_{ШШ}$ – радиус галтели шатунной шейки;
- удельное давление на поверхность шатунных шеек:

$$\sigma_{СР} = \frac{R_{ШСР}}{d_{ШШ} \cdot l_Ш}, \qquad (4.113)$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{R_{ШMAX}}{d_{ШШ} \cdot l_{Ш}}. \qquad (4.114)$$

Для современных двигателей удельные давления изменяются в пределах:

	σ_{CP},МПа	σ_{MAX},МПа
- рядные бензиновые и газовые д.в.с.	3…10;	7…20;
- V-образные бензиновые и газовые д.в.с.	4…12;	18…28;
- дизели	6…16;	20…42;

- минимальный допустимый смазочный слой в подшипнике на основе гидродинамической теории смазки на режиме максимальной мощности

$$h_{\min} = \frac{55 \cdot 10^{-9} \mu \cdot n \cdot d_{ШШ}}{\sigma_{CP} \cdot \delta_0 \cdot c}, \qquad (4.115)$$

где μ – динамическая вязкость масла (0,004…0,017) Нс/м^2;

n – частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$;

$d_{ШШ}$ – диаметр шатунной шейки, мм;

σ_{CP} – среднее удельное давление, МПа;

$\delta_0 = \Delta / d_{ШШ}$ – относительный зазор;

$\Delta = 0{,}007\sqrt{d_{ШШ}}$ – диаметральный зазор между валом и подшипником, мм;

$c = 1 + d_{ШШ} / l_{Ш}$ – коэффициент, учитывающий геометрию вала и подшипника;

- критическая толщина масляного слоя

$$h_{KP} = h_в + h_П + h_Г, \qquad (4.116)$$

где $h_в$ – величина микронеровностей поверхности вала, мм;

$h_П$ – величинина микронеровностей подшипника, мм;

$h_Г$ – искажение геометрических форм сопряжения, мм (учитывается коэффициентами δ_0 и c формулы 4.34).

Значения величин $h_в$ и $h_П$ принимаются с учетом способа обработки поверхности в пределах (3...10 мм):

алмазное растачивание - 0,30…1,6;
чистовое шлифование - 0,20…0,80;
чистовое полирование (или хонингование) - 0,10…0,40;
суперфиниширование - 0,05…0,25;

- коэффициент запаса надежности подшипника характеризуется отношением

$$k = \frac{h_{min}}{h_{кр}} \geq 2 . \qquad (4.117)$$

Условие выполняется рациональным выбором конструктивных, технологических, эксплуатационных факторов и расчетных параметров работы подшипников.

Примеры распечаток выполненных на ПЭВМ теплового и динамического расчетов проектируемого двигателя представлены в приложениях 8 и 9.

5. ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИЙ И ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА

5.1. Тяговый расчет трактора

5.1.1. Исходные и основные расчётные параметры для теоретической тяговой характеристики трактора

Задание на тяговый расчет трактора

Исходными параметрами к тяговому расчету трактора являются: прототип трактора, крюковая сила тяги $P_{кр1}$ на первой передаче, тип движителя, теоретическая скорость движения на первой передаче V_{T1}, число рабочих передач, агрофон. Эти параметры даются в задании на тяговый расчет трактора (приложения 1, 3).

В задании на тяговый расчет указывается прототип трактора, близкий по тяговому классу, назначению и эксплуатационно-конструктивным параметрам для ориентации при выборе значений основных параметров в процессе расчета теоретической тяговой характеристики трактора.

Тяговый расчет трактора выполняют для случая равномерного движения трактора по горизонтальной поверхности без отбора мощности.

5.1.2. Определение основных параметров для расчета тяговой характеристики трактора

При тяговом расчете определяют или выбирают следующие параметры:

– эксплуатационную массу трактора;

– радиус ведущих колес трактора;

– передаточное число трансмиссии;

– показатели корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя.

5.1.3. Обоснование эксплуатационной массы трактора

От общей массы трактора зависят его тяговые свойства и топливная экономичность. При чрезмерно большой массе велики затраты на перекатывание, при малой массе повышаются потери на буксование. Поэтому при работе с любой силой тяги целесообразно иметь каждый раз оптимальную массу, т.е. такую, при которой сумма затрат энергии на перекатывание и буксование при прочих равных условиях имела бы минимальное значение.

В целях экономии металла, уменьшения потерь на качение тракторы должны быть лёгкими, но при этом необходимо применять балласт или догружать ведущие колёса массой навесной машины.

Минимальную эксплуатационную массу трактора $m_{эсц}$, исходя из его сцепных свойств и заданной крюковой силы тяги на первой передаче, определяют по формуле:

$$m_{эсц} = \frac{P_{кр1}}{(\varphi\lambda - f)g}, кг, \qquad (5.1)$$

где $P_{кр1}$ – заданная крюковая сила тяги на первой передаче, Н;

φ – коэффициент сцепления движителей трактора с почвой;

λ – коэффициент использования сцепной массы трактора;

$\lambda = 1{,}0$ – для гусеничных тракторов и тракторов со всеми ведущими колёсами;

$\lambda = 0{,}75 \ldots 0{,}85$ – для тракторов с задними ведущими колёсами;

f – коэффициент сопротивления качению;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Коэффициенты φ и f при расчёте $m_{эсц}$ принимают по значению, указанному в таблице приложения 17, в соответствии с заданным агрофоном.

При массе, равной $m_{эсц}$, в процессе трогания и разгона, когда требуется преодолевать силы инерции, а также возникающие перегрузки, возможно полное буксование трактора. Буксование снижают, повышая массу $m_{эсц}$ за счёт массы балласта $m_б$ или догружения ведущих колёс массой навесной машины $m_н$ на 8…50%. Рационально для последующих расчётов принять табулированное значение эксплуатационной массы трактора прототипа $m_{эпр}$, если она будет больше $m_{эсц}$, так как буксование будет меньше и не потребуется создавать трактор другой массы.

5.1.4. Определение радиуса ведущих колес трактора

Радиус ведущих колес влияет на скорость и буксование тракторов и, следовательно, на их сцепные свойства. У колесных тракторов размеры колес определяются размерами шин. Размеры шин выбирают по справочным данным. Шины нужной грузоподъемности подбираются по нагрузке, приходящейся на колеса. У тракторов со всеми ведущими колесами с одинаковым размером всех колес центр масс располагается так, чтобы при работе с номинальным тяговым усилием на крюке нагрузка на передние и задние колеса была одинаковой. У тракторов со всеми ведущими колесами, у которых передние и задние колеса не одинаковы по размеру, коэффициент нагрузки задних колес принимают равным 0,70…0,85.

Если размеры колес даны в системе СИ, то радиус колеса:

$$r_к = 0{,}001(0{,}5d + (0{,}8...0{,}85)b_к), \text{ м}, \qquad (5.2)$$

где d и $b_к$ – наружный диаметр обода колеса и ширина профиля покрышки, мм.

0,8…0,85 – коэффициент, учитывающий радиальную деформацию шин.

Если размеры указаны в дюймах, то расчет радиуса колеса производится по выражению:

$$r_к = 0{,}0254(0{,}5d + (0{,}8...0{,}85)b_к), \text{ м}. \qquad (5.3)$$

Для упрощения всех последующих расчетов, выполняемых по тракторам со всеми ведущими колесами, принимают, что кинематическое несоответствие между передними и задними колесами отсутствует. Это дает основание вести дальнейшие расчеты только с использованием радиуса качения задних колёс.

Для гусеничных тракторов теоретический радиус ведущего колеса (звёздочки) определяют по формуле:

$$r_к = \frac{t_{зв} \cdot Z_к}{2\pi}, м, \qquad (5.4)$$

где $t_{зв}$ – шаг гусеничного звена, м;

$Z_к$ – число активно действующих зубьев.

Число $Z_к$ равно общему числу зубьев звёздочки, если каждый зуб последовательно входит в зацепление с очередным звеном гусеницы или равно половине общего числа зубьев, если зацепление происходит через зуб.

Параметры ведущих колёс принимают сопоставимо с прототипом по справочным данным.

5.1.5. Определение передаточных чисел трансмиссии

Разнообразие работ, выполняемых тракторами с различными сельскохозяйственными машинами, вызывает необходимость иметь соответствующий набор передач, обеспечивающих различные скорости движения. В целях повышения производительности тракторных агрегатов основные рабочие скорости тракторов должны иметь максимальные значения, допустимые при современном уровне агротехники.

Основные рабочие скорости лежат в пределах 5…12 км/ч для колёсных тракторов и 5…8,5 км/ч для гусеничных тракторов с перспективным ростом в ближайшее время до 18 км/ч для колёсных и до 13 км/ч для гусеничных тракторов. Число рабочих передач выбирается из диапазона основных скоростей.

Транспортные передачи используют при работе трактора с прицепами для перевозки грузов. Транспортные скорости гусеничных тракторов находятся в пределах 8,5…15 км/ч, колёсных – 12…35 км/ч. С увеличением транспортных скоростей требуются мероприятия, улучшающие условия работы тракториста и обеспечивающие вождение трактора на повышенных скоростях.

Выбор ряда основных передач производят по геометрической прогрессии:

$$\frac{i_{mp2}}{i_{mp1}} = \frac{i_{mp3}}{i_{mp2}} = \ldots = \frac{i_{mp_z}}{i_{mp_{z-1}}} = q, \qquad (5.5)$$

где q – знаменатель геометрической прогрессии;

i_{mp} – передаточное число трансмиссии на основных передачах.

Знаменатель геометрической прогрессии определяют по формуле:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{P_{kz}}{P_{k1}}}, \qquad (5.6)$$

где P_{k1} – касательная сила тяги на первой передаче, Н;

P_{kz} – касательная сила тяги на высшей передаче, Н;

Касательная сила тяги на первой передаче равна:

$$P_{k1} = P_{kp1} + P_f, H, \qquad (5.7)$$

где P_{kp1} – крюковая сила тяги на первой передаче, Н;

P_f – сила сопротивления перекатыванию трактора, Н.

Сила сопротивления перекатыванию трактора:

$$P_f = f \cdot m_э \cdot g, H, \qquad (5.8)$$

где f – коэффициент сопротивления перекатыванию трактора;

$m_э$ – эксплуатационная масса трактора.

Касательная сила тяги на высшей передаче определяется по формуле:

$$P_{kz} = P_{kpz} + P_f, H, \qquad (5.9)$$

где P_{kpz} – крюковая сила тяги на высшей передаче, Н.

$$P_{kpz} = \frac{P_{kp1}}{Z_T}, H, \qquad (5.10)$$

где Z_T – диапазон рабочих тяговых усилий проектируемого класса.

Для пропашных тракторов $Z_T = 2{,}5\ldots3{,}0$, для тракторов общего назначения $Z_T = 2\ldots3$.

Передаточное число трансмиссии на первой передаче находят по формуле:

$$i_{тр1} = 0{,}377\frac{n_{ен}r_к}{V_{Т1}}\ , \qquad (5.11)$$

где $n_{ен}$ – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, мин$^{-1}$, $n_{ен}$ – принимают по прототипу трактора;

$r_к$ – радиус колеса, м;

$V_{Т1}$ – теоретическая скорость движения трактора на первой передаче, км/ч.

Передаточное число трансмиссии на остальных передачах:

$$i_{тр2} = i_{тр1} \cdot q\ ; \qquad (5.12)$$

$$i_{тр3} = i_{тр1} \cdot q^2; \qquad (5.13)$$

$$i_{тр4} = i_{тр1} \cdot q^3; \qquad (5.14)$$

$$i_{трz} = i_{тр1} \cdot q^{z-1}; \qquad (5.15)$$

Общее передаточное число трансмиссии складывается из передаточных чисел механизмов, составляющих трансмиссию

$$i_{тр} = i_Г \cdot i_{кп} \cdot i_к\ , \qquad (5.16)$$

где $i_к$ – передаточное число коробки передач;

$i_Г$ – передаточное число главной передачи;

$i_{кп}$ – передаточное число конечной передачи.

По аналогии с существующими тракторами, однотипными с проектируемыми, намечают передаточные числа главной и конечной передач, которые находятся в пределах:

$$i_Г = 2{,}5\ldots4{,}1;\ \ i_{кп} = 3{,}8\ldots6{,}2.$$

По принятым передаточным числам $i_Г$ и $i_{кп}$ находят передаточные числа коробки передач по формуле (5.16).

Вычисленные передаточные числа являются ориентировочными и при практическом выборе числа зубьев шестерён их приходится корректировать. Значения передаточных чисел главных и конечных передач отечественных тракторов приведены в приложении 18.

5.1.6. Методика расчёта и построения регуляторной характеристики двигателя

Мощность двигателя определяют из условия реализации заданной крюковой силы тяги $P_{кр1}$ на первой передаче с определённой рабочей скоростью.

Расчёт номинальной мощности двигателя производят по формуле (3.1).

Регуляторная характеристика двигателя может быть взята по прототипу, если характеристику строят для уже известного двигателя. Если двигатель неизвестен, то характеристику строят по результатам расчета. Основные технические характеристики отечественных колесных и гусеничных тракторов приведены в приложениях 18 и 19.

Сначала рассчитывают корректорную ветвь характеристики.

Расчёт мощности ведут по эмпирической формуле:

$$N_e = N_{eн}[0{,}7\frac{n_e}{n_{eн}} + 1{,}3\left(\frac{n_e}{n_{eн}}\right)^2 - \left(\frac{n_e}{n_{eн}}\right)^3], \text{ кВт}, \quad (5.17)$$

где $N_{eн}$ – номинальная мощность двигателя, кВт;

n_e – значение частоты вращения вала двигателя, мин$^{-1}$;

$n_{eн}$ – номинальная частота вращения вала двигателя, мин$^{-1}$;

N_e – мощность двигателя при частоте n_e, кВт.

Значения n_e выбирают произвольно, например, через 1000…1200 мин$^{-1}$ до $n_{eн}$ включительно так, чтобы получилось 5…6 точек при построении корректорной ветви регуляторной характеристики.

Крутящий момент двигателя M_e определяют по формуле:

$$M_e = \frac{N_e \cdot 9550}{n_e}, \text{ Н·м}. \quad (5.18)$$

Эффективный удельный расход топлива g_e определяют по выражению:

$$g_e = g_{eн}[1{,}35 - 1{,}35\frac{n_e}{n_{eн}} + \left(\frac{n_e}{n_{eн}}\right)^2], \text{ г/(кВт·ч)}, \qquad (5.19)$$

где $g_{eн}$ – эффективный удельный расход топлива при номинальной мощности, принимают по прототипу трактора.

Часовой расход топлива определяют по формуле:

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч}. \qquad (5.20)$$

Расчёт корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя выполняют с учетом следующих принятых значений параметров: $r_к$, f, $m_э$, $\eta_{тр}$, $P_{кр1}$, $n_{eн}$; Z=5, V_{T1}, $i_Г$, $i_{кп}$, (конечной передачи), $X_э = 1$, $g_{eн}$ (по прототипу).

Данные расчётов заносят в таблицу 5.1. По данным таблицы 5.1 и по известным закономерностям взаимосвязи показателей строят регуляторную характеристику двигателя (рис. 5.1) в третьем квадранте тяговой характеристики трактора.

Таблица 5.1

Результаты расчётов корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя

n_e, мин$^{-1}$	N_e, кВт	M_e, Н·м	g_e, г/(кВт·ч)	G_T, кг/ч
1000				
1200				
n =2200				

Вниз от нулевого значения по вертикальной оси координат наносят масштабную шкалу момента M_e, а влево на горизонтальной оси из начала координат наносят масштабную шкалу частоты вращения коленчатого вала n_e и отмечают точки, соответствующие номинальной частоте $n_{eн}$ и частоте холостого хода n_{xx}.

Частоту n_{xx} определяют по формуле:

$$n_{xx}=(1{,}05\ldots1{,}1)\ n_{eн}. \qquad (5.21)$$

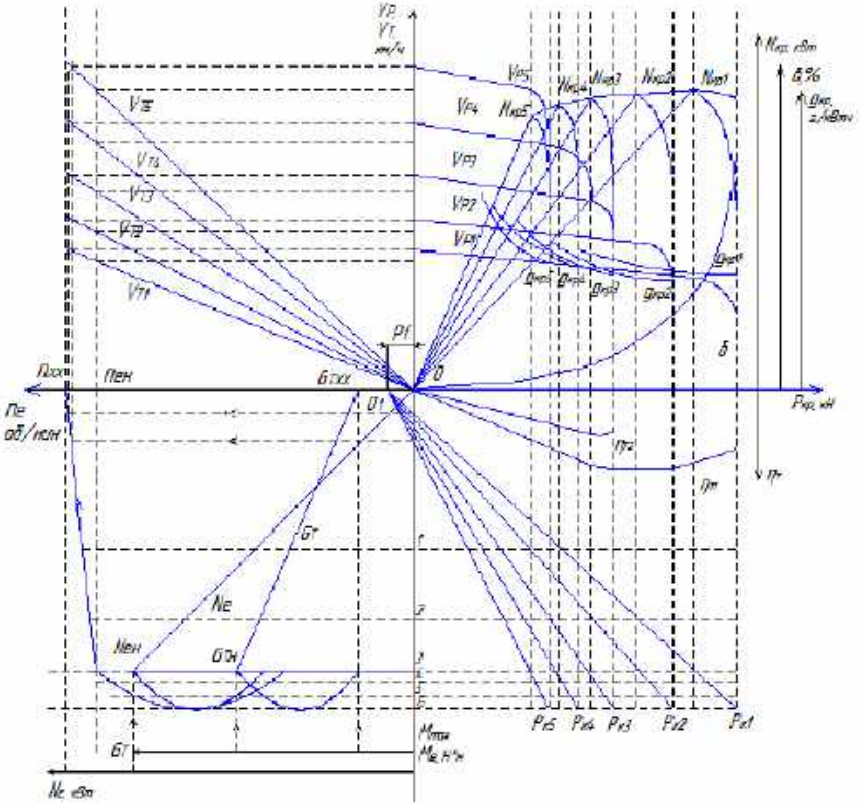


Рис. 5.1. Тяговая характеристика трактора

Из точки со значением $n_{eн}$ на оси координат проводят вертикальную прямую до пересечения с горизонтальной прямой, проведённой через номинальный момент $M_{eн}$ на оси моментов. Точку пересечения прямых соединяют прямой с точкой со значением n_{xx} на оси координат частоты вращения коленчатого вала и получают регуляторную ветвь $n_e = f(M_e)$.

Затем, используя данные таблицы 5.1, строят корректорную ветвь $n_e = f(M_e)$ регуляторной характеристики по точкам координат M_e и n_e.

Масштабные оси координат часового расхода топлива G_T и мощности двигателя N_e располагают в нижней части графика влево от оси момента, начиная с нулевого значения величин. Сначала строят регуляторную ветвь мощности двигателя N_e. Для этого на горизонтальной линии, проведённой через значение номинального момента M_{en} на оси моментов, отмечают значение номинальной мощности N_{en} в принятом масштабе. Полученную точку соединяют с началом координат $M_e = 0$, получают регуляторную ветвь мощности $N_e = f(M_e)$. Потом по данным таблицы 5.1 строят корректорную ветвь этой функции. После этого строят регуляторную ветвь часового расхода топлива $G_T = f(M_e)$. Для этого на оси координат частоты вращения коленчатого вала n_e влево от начала координат $M_e = 0$ откладывают значение расхода топлива при работе двигателя на холостом ходу G_{Txx} в выбранном масштабе.

Значение G_{Txx} определяют по формуле:

$$G_{Txx} = (0{,}25 \ldots 0{,}35)\, G_{Tn}, \qquad (5.22)$$

где G_{Tn} – величина часового расхода топлива при номинальном режиме работы двигателя.

На горизонтальной прямой, проведённой через точку номинального момента M_{en}, влево откладывают значение номинального расхода топлива G_{Tn}. Полученную точку соединяют прямой с точкой G_{Txx} и получают регуляторную ветвь часового расхода топлива $G_T = f(M_e)$.

Далее строят корректорную ветвь $G_T = f(M_e)$ по данным таблицы 5.1 по точкам координат M_e и G_T.

Построив регуляторную и корректорную ветви характеристик n_e, N_e, $G_T = f(M_e)$, на оси координат M_e наносят шесть точек, обозначая цифрами от 1 до 6, по которым определяют показатели n_e, N_e, G_T для шести режимов загрузки двигателя, необходимые

при расчёте тяговой характеристики на компьютере. При этом точки 1 и 2 берут в режиме недогрузки при значениях M_e, равных 0,5 и 0,75 соответственно от момента номинального $M_{eн}$. Точкой 3 отмечают номинальный момент загрузки $M_{eн}$. Загрузка двигателя более $M_{eн}$ повышается в точках 4 и 5 и достигает максимального значения $M_{e\max}$ в точке 6. В целом исходные данные, обоснованные эксплуатационно-конструктивные параметры и принятые значения загрузки двигателя по регуляторной характеристике используют при расчёте показателей тяговой характеристики трактора.

5.1.7. Методика расчёта показателей тяговой характеристики трактора

Тяговые характеристики считаются основным техническим документом тяговых и топливных показателей тракторов и широко используются для оценки различных эксплуатационных режимов их работы. Тяговые характеристики тракторов определяют опытным или расчётным путём. Расчётную тяговую характеристику трактора называют теоретической. При расчёте определяют следующие показатели тяговой характеристики трактора:

- касательную силу тяги:

$$P_к = \frac{M_e \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_к}, \text{ Н}, \qquad (5.23)$$

где M_e – момент на валу двигателя, Н·м;

$i_{тр}$ – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{тр}$ – КПД трансмиссии;

$r_к$ – радиус ведущего колеса, м;

- крюковую силу тяги:

$$P_{кр} = P_к - P_f, \text{ Н}, \qquad (5.24)$$

где P_f – сила сопротивления перекатыванию, Н;

- теоретическую скорость трактора:

$$V_T = \frac{0{,}377 \cdot n_e \cdot r_к}{i_{тр}}, \text{ км/ч}, \qquad (5.25)$$

где n_e – обороты коленчатого вала, мин$^{-1}$;

- коэффициент буксования трактора:

$$\delta = \delta_{\max}\left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{P_{кр}}{P_{кр\max}}\right)^2}\right], \qquad (5.26)$$

где $\delta_{\max}$ – наибольшее допустимое буксование;

- рабочую скорость трактора:

$$V_р = V_T(1 - \delta), \text{ км/ч}; \qquad (5.27)$$

- тяговую мощность на крюке трактора:

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} \cdot V_р}{3600}, \text{ кВт}; \qquad (5.28)$$

- удельный крюковой расход топлива:

$$g_{кр} = \frac{G_T \cdot 1000}{N_{кр}}, \text{ г/кВт·ч}, \qquad (5.29)$$

где G_T – часовой расход топлива, кг/ч;

- тяговый к.п.д. трактора:

$$\eta_T = \frac{N_{кр}}{N_e}. \qquad (5.30)$$

По вышеприведённым формулам выполняют расчёт этих показателей тяговой характеристики трактора на компьютере с программой их функциональных взаимосвязей при введении следующих исходных данных и эксплуатационно-конструктивных параметров: $P_{кр1}$, V_{T1}, Z=5, f, $m_э$, $r_к$, $i_Г$, $i_{кп}$(конечной передачи), $\eta_{тр}$, $n_{ен}$, $X_э$ – коэффициент эксплуатационной загрузки двигателя принимают равным 1, $g_{ен}$ по прототипу и максимальное буксование $\delta_{\max}$ для точки 6. С регуляторной характеристики двигателя,

построенной в функции момента, берут для расчётов значения показателей: n_e, N_e, M_e, G_T, соответствующие шести режимам загрузки двигателя, обозначенным точками 1, 2, 3, 4, 5, 6 на оси координат M_e. Из каждой точки проводят горизонтальные прямые, пересекающие линии всех показателей, и в точках пересечения берут их значения, заносят в таблицу 5.2 и вводят в компьютер для расчёта тяговой характеристики трактора.

Ввод вышеуказанных параметров и показателей в компьютер с программой «Тяговый расчёт трактора» позволит на выходе получить таблицу 5.3 со значением показателей тяговой характеристики на всех заданных передачах и режимах загрузки трактора.

Таблица 5.2

Значение показателей режимов работы двигателя по регуляторной характеристике

№ режима работы	n_e, мин$^{-1}$	N_e, кВт	M_e, Н·м	G_T, кг/ч	Примечание
1					0,5 M_{en}
2					0,75 M_{en}
3					M_{en}
4					$>M_{en}$
5					$>>M_{en}$
6					M_{emax}

5.1.8. Методика графоаналитического построения тяговой характеристики трактора

По данным таблицы 5.3 строят диаграммы тяговой характеристики трактора (рис. 5.1).

Ось координат $P_к$, $P_{кр}$, n_e проводят горизонтально через начало координат момента $M_e = 0$. Началом координат графика функции $P_к = f(M_e)$ является точка O_1, которая смещается влево от начала координат $P_{кр}$ точки 0 на значение силы сопротивления качению P_f. Силы $P_к$, $P_{кр}$, P_f на оси координат наносят в одном и том же масштабе.

Таблица 5.3

Результаты расчетов тяговой характеристики трактора

Номер передачи	Номер точки	Из регуляторной характеристики				$P_к$, Н	$P_{кр}$, Н	$V_т$, км/ч	δ	$V_р$, км/ч	$N_{кр}$, кВт	$g_{кр}$, г/(кВт·ч)	$\eta_т$
		$G_т$, кг/ч	$M_е$, Н·м	$N_е$, кВт	$n_е$, мин$^{-1}$								
1	1 2 3 4 5 6												
...	1 2 3 4 5 6												
z	1 2 3 4 5 6												

График функции $P_к = f(M_е)$ линейный, поэтому достаточно взять значения $P_к$ при номинальном режиме работы двигателя $M_{ен}$ и нанести их для каждого режима загрузки на горизонтальной линии, проведённой через точку 3 ($M_{ен}$, $P_{кн}$). Эти точки соединяют прямыми линиями с началом координат O_1, продолжая их до горизонтальной линии, проведённой через точку 6 ($M_{е\max}$, $P_{к\max}$). От начала координат 0 наносят шкалу значений $P_{кр}$.

Диаграмма теоретических скоростей строится в четвёртом квадранте тяговой характеристики. Теоретическую скорость трактора определяют по формуле (5.25).

Так как в формуле (5.25) $n_е$ находится в первой степени, то график функции $V_T = f(n_е)$ – прямая линия, выходящая из начала координат 0, через точки, отложенные в масштабе оси координат V_T расчётных значений теоретических скоростей при номинальном режиме работы $n_{ен}$. Максимальные теоретические скорости $V_{T\max}$ для каждой передачи определяют графически. Для этого точки пересечения лучей касательных сил $P_к$ с осью момента $M_е$ проецируются на линию $n_е = f(M_е)$ и далее до линий соответствующих теоретических скоростей и на ось координат скоростей (V_T и $V_р$). Проекции точек на оси координат определят максимальные значения теоретических и рабочих скоростей без нагрузки $P_{кр} = 0$ и буксования $\delta = 0$ движителей.

В первом квадранте тяговой характеристики строят графики функций: $\delta = f(P_{кр})$; $N_{кр} = f(P_{кр})$; $V_р = f(P_{кр})$; $g_{кр} = f(P_{кр})$. Сначала строят кривую буксования. Она является общей для всех передач, так как буксование зависит только от величины тягового усилия и не зависит от передачи. По расчётным значениям таблицы 5.3 в выбранном масштабе оси координат δ строят одну графическую зависимость $\delta = f(P_{кр})$.

Построение $V_р$, $N_{кр}$, $g_{кр} = f(P_{кр})$ выполняют также по расчётным значениям из таблицы 5.3 и в выбранном масштабе осей

координат наносят их на линиях проекции режимных точек 1, 2, 3, 4, 5, 6, восстановленных с оси координат $P_к$ и $P_{кр}$ в поле графиков функций. При $P_{кр} = 0$ и $N_{кр} = 0$, следовательно, график функций $N_{кр} = f(P_{кр})$ выходит из начала координат 0.

Мощности $N_{кр}$ на всех передачах до номинальных нагрузок на крюке $P_{крн}$ возрастают прямо пропорционально до $N_{кр\max}$, при увеличении нагрузки на крюке более $P_{крн}$ (режимы, отмеченные точками 4, 5 и 6) крюковые мощности резко снижаются по причине незначительных коэффициентов приспособляемости двигателя к перегрузке.

Проведённая огибающая линия по точкам перегиба кривых тяговых мощностей ($N_{кр\max}$) называется потенциальной тяговой характеристикой трактора. Такая характеристика может быть достигнута при бесступенчатой трансмиссии с автоматически изменяющимся передаточным числом, обеспечивающим загрузку двигателя до номинального $N_{ен}$ и $N_{кр\max}$ на всех режимах работы трактора.

Графики функций $V_р = f(P_{кр})$ при $P_{кр} = 0$ начинаются на оси координат $V_Т$ и $V_р$ из точек, соответствующих значениям теоретических скоростей, так как на холостом ходу буксование $\delta = 0$ и $V_р = V_Т$. В масштабе шкалы скоростей из таблицы 5.3 наносят точки значений на всех режимах и передачах и строят графики $V_р = f(P_{кр})$.

По данным таблицы 5.3 строят графики $g_{кр} = f(P_{кр})$, выбрав масштаб оси координат, наносят значения точек на всех заданных передачах и режимах загрузки на крюке трактора. На линиях проекций режимных точек 1, 2, 3, 4, 5 и 6 во втором квадранте строят графики функций тягового к.п.д. $\eta_Т = f(P_{кр})$ для первой и третьей передач по расчётным значениям (табл. 5.3) или вычисленных самостоятельно по формуле (5.30) (табл. 5.4).

Графики обеих функций строят из начала координат $P_{кр} = 0$ по отложенным на линиях проекций режимных точек значений тяговых к.п.д. в масштабе оси η_T.

Тяговый к.п.д. находится в пределах:

- колёсные с одним ведущим мостом – 0,6…0,7;
- колёсные с двумя ведущими мостами – 0,65…0,75;
- гусеничные – 0,7…0,8.

Расчётные тяговые к.п.д. трактора на 1 и 3 передачах находятся в нормативных значениях при номинальной загрузке.

На третьей передаче тяговый к.п.д. меньше, так как с увеличением скорости повышаются потери на перекатывание трактора.

Таблица 5.4

Результаты расчёта тягового к.п.д. на первой и третьей передачах

Передача	Режимные точки	$N_{кр}$, кВт	N_e, кВт	η_T	Примечание
1	1 2 3 4 5 6				η_T
3	1 2 3 4 5 6				η_T

Выполненный графоаналитический расчёт показателей тяговой характеристики трактора позволяет оценить его тягово-скоростную эффективность и топливную экономичность в заданных условиях при различных режимах работы.

5.2. Динамический и топливно-экономический расчеты автомобиля

5.2.1. Выбор исходных параметров

За основу берутся параметры лучших существующих однотипных или близких по своим основным показателям автомобилей отечественного и зарубежного производства. При проектировании

необходимо предусмотреть повышение производительности и сокращения времени перевозок, повышение безопасности и удобства для водителя, повышение надежности, уменьшение массы автомобиля, снижение расхода топлива, выполнение требований перспективного типажа. Повышение производительности автомобиля может быть достигнуто за счет увеличения грузоподъемности и повышения скорости движения. Если известны величины коэффициента снаряженной массы или показателя использования массы, то можно определить массу m снаряженного автомобиля. Для грузового автомобиля коэффициент снаряженной массы определяется по формуле:

$$\eta_г = \frac{m}{m_н}, \tag{5.31}$$

где $m_н$ – номинальная грузоподъемность автомобиля, кг;

m – масса снаряженного автомобиля, кг.

Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m = \eta_г \cdot m_н, \text{ кг.}$$

Для легкового автомобиля показатель использования массы равен

$$\eta_л = \frac{m'}{L}, \tag{5.32}$$

где m' – масса снаряженного автомобиля, кг;

L – база автомобиля, мм.

Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m' = \eta_л \cdot L, \text{ кг.} \tag{5.33}$$

Полная масса автомобиля $m_а$ определяется как

$$m_а = m + m_г, \tag{5.34}$$

где m – масса снаряженного автомобиля, кг;

$m_г$ – масса нагрузки автомобиля, кг.

Для грузового автомобиля

$$m_г = m_н + 80 \cdot n, \text{ кг,} \tag{5.35}$$

где n – число мест в автомобиле для сидения, включая место для водителя;

80 – масса одного пассажира, кг.

Для легкового автомобиля

$$m_c = (80 + 10)n' + m \cdot g \text{, кг,} \qquad (5.36)$$

где 10 – масса багажа одного пассажира, кг;

80 – масса одного пассажира, кг;

n' – число пассажиров с водителем;

$m \cdot g$ – масса дополнительного снаряжения, кг.

Для подбора шин автомобиля необходимо знать осевую массу и массу, воспринимаемую одним колесом.

У преобладающего числа моделей грузовых автомобилей на заднюю ось приходится 70…75% полной массы, у автомобилей-самосвалов с колесной формулой 6×4 около 80%. У автомобилей высокой проходимости с колесной формулой 4×4 этот показатель находится в пределах 48…63%, а у автомобилей с колесной формулой 6×6 – в пределах 67…77%.

По осевой массе подсчитывается нагрузка на отдельное колесо по формулам:

$$m_{к1} = \frac{m_1}{\kappa_1} \text{, кг,} \qquad (5.37)$$

$$m_{к2} = \frac{m_2}{\kappa_2} \text{, кг,} \qquad (5.38)$$

где m_1, m_2 – массы, приходящиеся соответственно на переднюю и заднюю оси;

κ_1, κ_2 – количество колес у передней и задней осей.

Шины колес выбираются по максимальной массе, приходящейся на одно колесо. Размеры колес необходимо выбирать, ориентируясь на колесо, воспринимающее наибольшую нагрузку. Определив по нагрузке и справочным данным размеры шин, нужно подсчитать действительный радиус колеса $r_к$.

При обозначении параметров шин в дюймах радиус определяется по формуле:

$$r_к = 0{,}0254\left[0{,}5 \cdot d + (1 - \kappa') \cdot b\right] \text{, м,} \qquad (5.39)$$

где d – внутренний диаметр шины, дюймов;

b – ширина шины, дюймов;

κ' – коэффициент радиальной деформации.

Для стандартных широкопрофильных шин коэффициент κ' принимается равным 0,1…0,16; для арочных шин κ' принимают

равным 0,2…0,03. При обозначении параметров шин в мм радиус $r_к$ определяется по формуле:

$$r_к = 0{,}001\left[0{,}5 \cdot d + (1 - \kappa') \cdot b\right], \text{ м.} \qquad (5.40)$$

Типовые размеры наиболее распространенных шин приведены в приложении 21.

5.2.2. Подбор двигателя к проектируемому автомобилю

Расчет необходимой номинальной мощности двигателя автомобиля проводится в части 1 курсового проекта по формулам (3.3-3.8). Имея величину отношения $n_v / n_н$ (см. п. 3.1), выбирают номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя, т.е. соответствующую максимальной мощности $n_н$, руководствуясь при этом пределами изменения номинальной частоты вращения у однотипных автомобилей. Затем определяют частоту вращения коленчатого вала n_v при максимальной скорости V_{max} автомобиля, используя соотношение $n_v / n_н$. После этого проверяют коэффициент частоты вращения двигателя n_s, который представляет собой отношение числа оборотов к скорости автомобиля, т.е. число оборотов двигателя при условной скорости 1 км/ч. Необходимо, чтобы коэффициент частоты вращения карбюраторного двигателя легкового автомобиля находился в пределах 30…40, карбюраторного двигателя грузового автомобиля – 40…50, а дизельного двигателя грузового автомобиля – 27…38.

Величина n_s подсчитывается по формуле:

$$n_s = \frac{n_v}{V_{max}}. \qquad (5.41)$$

В случае несовпадения полученной величины n_s с рекомендуемой следует изменить величину n_v, а при необходимости согласовать целесообразность отклонения от рекомендуемой. После того, как будет окончательно принято числовое значение отношения $n_v / n_н$, его подставляют в формулу мощности и подсчитывают величину N_{emax}. Для расчета внешней скоростной характеристики

двигателя выбирают числовые значения скоростей в пределах от 10 км/ч до V_{max} (5…7 точек). Затем по формуле

$$n_v = n_s \cdot V \qquad (5.42)$$

определяют частоту вращения двигателя, соответствующую выбранным скоростям и принятому коэффициенту n_s.

Данные заносятся в таблицу 5.5.

Таблица 5.5

Результаты расчета внешней характеристики двигателя

V, км/ч	10	20	50	80	…	V_{max}
n_e, мин$^{-1}$						
N_e, кВт						
M_e, Н·м						
N_v, кВт						

Текущие значения мощности двигателя при различной частоте вращения коленчатого вала определяют по формуле Лейдермана:

$$N_e = N_{emax} \cdot \left[a \cdot \left(\frac{n_e}{n_н} \right) + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_н} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_н} \right)^3 \right], \text{ кВт.} \quad (5.43)$$

Для определения текущих значений крутящего момента используется формула:

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n_e}, \text{ Н·м.} \qquad (5.44)$$

Мощность, необходимая для движения автомобиля на прямой передаче по дороге с заданным углом подъема $i_{пр}$ при различных скоростях движения определяется по выражению

$$N_\psi = \frac{\left(\frac{\psi \cdot m_a \cdot g \cdot V}{3600} + \frac{K \cdot F \cdot V^3}{13 \cdot 3600} \right)}{\eta_{тр}}, \text{ кВт,} \qquad (5.45)$$

где $\psi = f + i_{пр}$.

Результаты расчетов заносят в таблицу 5.5. По данным этой таблицы строят графики: $N_e = f(n_e)$; $M_e = f(n_e)$; $N_\psi = f(V)$.

Проекция точки пересечения кривых $N_e = f(n_e)$ и $N_\psi = f(V)$ на ось абсцисс определяет максимальную скорость (V'_{max}) автомобиля на прямой передаче по дороге с заданным углом подъема $i_{пр}$ (рис. 5.2).

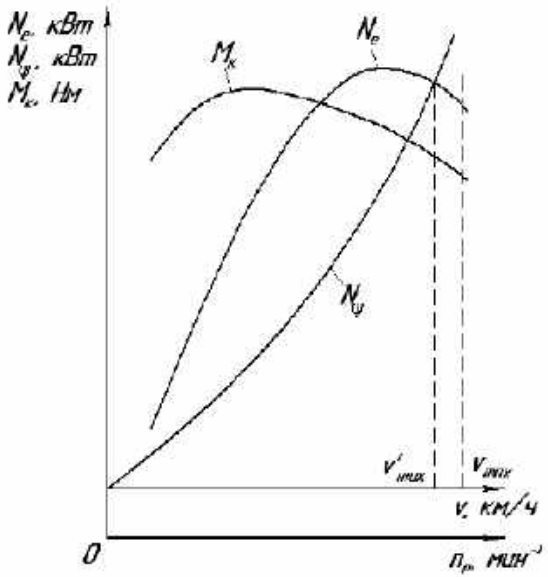


Рис. 5.2. Внешняя (скоростная) характеристика двигателя

5.2.3. Динамический расчет автомобиля

После построения внешней характеристики двигателя приступают к расчету передаточных чисел главной передачи и коробки передач автомобиля, а потом к определению показателей тягово-скоростных качеств.

Передаточные числа главной передачи i_0 определяют из условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля на прямой передаче.

$$i_0 = 0{,}377 \cdot \frac{n_v \cdot r_к}{V_{max}}, \qquad (5.46)$$

где n_v – частота вращения двигателя при V_{max}, мин$^{-1}$;

$r_к$ – радиус колеса, м.

У большинства автомобилей, применяемых в сельском хозяйстве, высшей передачей является прямая передача.

В этом случае (без учета раздаточной коробки)

$$i_{тр} = i_0, \qquad (5.47)$$

где i_0 – передаточное число главной передачи.

Отсюда

$$i_0 = 0{,}377 \cdot \frac{n_н \cdot r_к}{V_{max}}. \qquad (5.48)$$

Затем определяют передаточное число первой передачи коробки передач $i_{к1}$. Передаточное число первой передачи $i_{к1}$ должно удовлетворять двум требованиям:

- не вызывать полного буксования ведущих колес автомобиля при передаче максимального крутящего момента двигателя;
- обеспечивать преодоление максимального дорожного сопротивления ψ.

Следовательно, максимальная касательная сила тяги не должна превышать силы сцепления шин с дорогой, т.е.

$$P_{к\,max} \le P_\varphi, \qquad (5.49)$$

где P_φ – сила сцепления движителей автомобиля с дорогой.

$P_{к\,max}$ определяется по формуле:

$$P_{к\,max} = \frac{M_{к\,max} \cdot i_0 \cdot i_{к1} \cdot \eta_{тр}}{r_к}, \text{ кН}, \qquad (5.50)$$

где $M_{к\,max}$ – максимальный крутящий момент двигателя, Н·м;

$i_{к1}$ – передаточное число коробки передач на первой передаче;

$r_к$ – радиус колеса, м.

Для определения P_φ используется формула

$$P_\varphi = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda, \text{ кН}, \qquad (5.51)$$

где φ – коэффициент сцепления движителей с дорогой (прил. 17).

m_a – полная масса автомобиля, кг;

g – ускорение свободного падения, $g = 9{,}81$ м/с^2;

λ – коэффициент использования массы автомобиля для сцепления с дорожным покрытием;

У автомобилей обычной проходимости $\lambda = 0{,}70\ldots0{,}75$; у автомобилей повышенной проходимости $\lambda = 1{,}0$; коэффициент сцепления φ принимается в пределах 0,5…0,8.

С учетом приведенных расчетов можно записать

$$\frac{M_{\kappa\max} \cdot i_0 \cdot i_{\kappa 1} \cdot \eta_{mp}}{r_\kappa} = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda\,, \qquad (5.52)$$

откуда

$$i_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \varphi \cdot r_\kappa}{M_{\kappa\max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}\,. \qquad (5.53)$$

По максимальному коэффициенту дорожных сопротивлений $\psi_{\max}$ находят передаточное число первой передачи.

Формула для определения передаточного числа по максимальному сопротивлению дороги имеет вид

$$i'_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_\kappa}{M_{\kappa\max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}\,, \qquad (5.54)$$

Обычно у отечественных автомобилей общего назначения максимальное сопротивление дороги $\psi_{\max}$, преодолеваемое на первой передаче, лежит в пределах 0,32…0,50. У полноприводных автомобилей эта величина достигает 0,6…0,8. Передаточное число $i'_{\kappa 1}$ должно быть меньше или равно $i_{\kappa 1}$.

Количество ступеней коробки передач и их передаточные числа определяют способность автомобиля к преодолению подъемов, быстроте разгона, движению с различной скоростью в заданных условиях. Увеличение числа передач с одной стороны улучшает тяговые качества автомобиля и разгона, с другой стороны чрезмерное увеличение числа ступеней усложняет коробку передач и затрудняет ее использование.

У автомобилей, предназначенных для работы в сельском хозяйстве, необходимо иметь больше передач, чем для машин, работающих в хороших дорожных условиях.

Определение передаточных чисел коробки передач производится по геометрической прогрессии. Знаменатель геометрической прогрессии определяется по формуле

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{1}{i_к}}, \qquad (5.55)$$

где z – число передач в коробке передач, включая прямую.

Если в коробке передач прямой передачей является последняя, то для трехступенчатой коробки передач

$$i_{к2} = \sqrt{i_{к1}}\ ;\ i_{к3} = 1{,}0\,. \qquad (5.56)$$

Для четырехступенчатой коробки передач

$$i_{к2} = \sqrt[3]{i_{к1}^2}\ ;\ i_{к3} = \sqrt[3]{i_{к1}}\ ;\ i_{к4} = 1{,}0\,. \qquad (5.57)$$

Для пятиступенчатой коробки передач

$$i_{к2} = \sqrt[4]{i_{к1}^3}\ ;\ i_{к3} = \sqrt[4]{i_{к1}^2}\ ;\ i_{к4} = \sqrt[4]{i_{к1}}\ ;\ i_{к5} = 1{,}0\,. \qquad (5.58)$$

Зная $i_{к1}$ и знаменатель геометрической прогрессии q, передаточные числа последующих передач можно определить по формулам

$$i_{к2} = i_{к1} \cdot q\ ;\ i_{к3} = i_{к1} \cdot q^2\ ;\ i_{кz} = i_{к1} \cdot q^{z-1}. \qquad (5.59)$$

Для отечественных автомобилей q лежит в пределах 0,55…0,65.

Определенные расчетом передаточные числа являются ориентировочными и при проектировании коробки передач могут несколько изменяться. Передаточное число заднего хода подбирают во время компоновки коробки передач.

Основными динамическими показателями автомобиля являются динамический фактор и скорость. Значения этих показателей определяют на всех передачах по прототипу при работе двигателя на внешней характеристике. Динамическая характеристика характеризует динамические качества автомобиля при равномерном движении с разной нагрузкой на всех передачах.

Динамический фактор определяется по формуле

$$Д = \frac{P_к - P_w}{m_a \cdot g} = \psi \pm \frac{\delta_{вр} \cdot j}{g}, \qquad (5.60)$$

где $\delta_{вр}$ – коэффициент учета силы инерции вращающихся масс;

j – ускорение автомобиля, м/с^2.

Коэффициент $\delta_{вр}$ определяется по формуле

$$\delta_{вр} = 1{,}04 + 0{,}05 \cdot i_к^2, \tag{5.61}$$

где $i_к$ – передаточное число коробки передач.

Для расчета касательной силы тяги используется формула

$$P_к = \frac{M_к \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_к}, \text{ Н.} \tag{5.62}$$

Сила сопротивления воздуха определяется по выражению

$$P_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot v^2}{13}, \text{ Н.} \tag{5.63}$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.6.

Таблица 5.6

Результаты расчета основных показателей автомобиля

Номер передачи	Номер точки	v, км/ч	n_e, мин$^{-1}$	$P_к$, Н	P_w, Н	$Д$	$Д$-ψ	j, м/с^2	1/j, с^2/м	Примечания
1	1 2 3 4 5 6									
...	1 2 3 4 5 6									
z	1 2 3 4 5 6									

По данным таблицы 5.6 строится динамическая характеристика (рис. 5.3). Для построения динамической характеристики на каждой передаче нужно рассчитать 6…8 точек.

Ускорение, которое может развивать автомобиль, в значительной степени характеризует динамические качества автомобиля. Чем больше ускорение, тем выше разгонные качества автомобиля, его средняя скорость и производительность.

Ускорение автомобиля вычисляется по формуле

$$j = \frac{(P_к - P_c)}{\delta_{вр} \cdot m_a}, \text{ м/с}^2, \qquad (5.64)$$

где $P_c = P_f + P_w$ – суммарная сила сопротивлению движения автомобиля (дороги, воздуха) на горизонтальном участке пути.

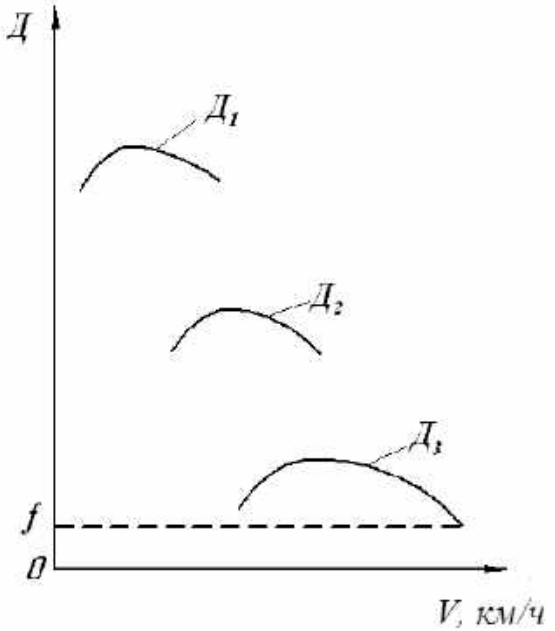


Рис. 5.3. Динамическая характеристика автомобиля

Сила P_f определяется по формуле

$$P_f = m_a \cdot g \cdot f, \text{ Н}, \qquad (5.65)$$

где f – коэффициент сопротивления перекатыванию автомобиля.

Данные расчетов заносятся в таблицу 5.6. По данным таблицы 5.6 строятся графики ускорений как функции скорости автомобиля (рис. 5.4).

По графику ускорений можно установить наивыгоднейшие с точки зрения разгона моменты перехода с одной передачи на другую. Чтобы разгон происходил с максимальной интенсивностью, ускорение на данной скорости должно иметь наибольшее значение.

Время разгона автомобиля определяется по графику ускорений разгона автомобиля.

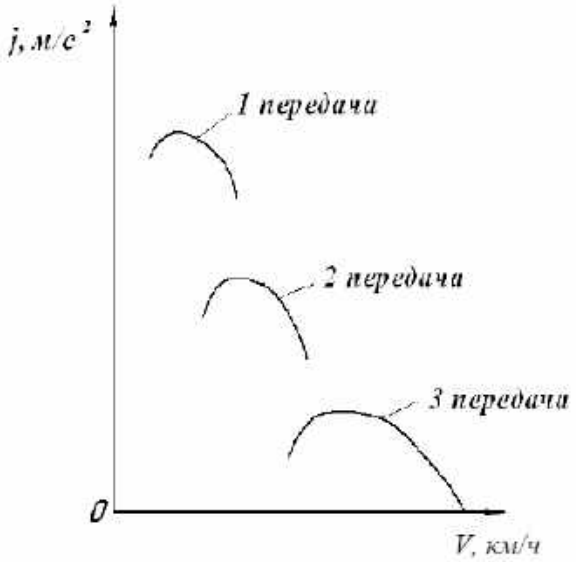


Рис. 5.4. Графики зависимости ускорения автомобиля от скорости

Известно, что ускорение есть первая производная скорости по времени

$$j = \frac{dV}{dt}, \tag{5.66}$$

отсюда

$$dt = \frac{1}{j} \cdot dV, \tag{5.67}$$

или

$$t = \frac{1}{j} \cdot \int_{V_1}^{V_2} dV. \tag{5.68}$$

Решение данного интеграла затрудняется отсутствием известных аналитических зависимостей между j и V. Обычно на практике для определения времени разгона автомобиля применяют графоаналитический метод. Для этого необходимо построить вспомогательный график величин, обратных ускорениям $\frac{1}{j} = f(V)$ (рис. 5.5).

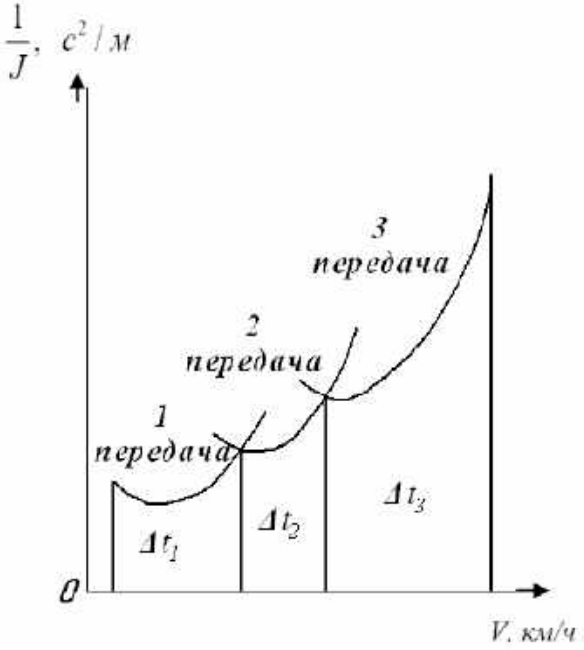


Рис. 5.5. График зависимости величин, обратных ускорению автомобиля, от скорости

Площадь графика, заключенная между осью абсцисс и кривыми $\frac{1}{j}$, разбивается несколькими вертикальными линиями на отдельные участки. Элементарные площадки Δt суммируются нарастающим итогом.

Время разгона определяется по формуле:

$$t = \frac{\sum \Delta t \cdot a \cdot b}{3{,}6}, \text{ с}, \qquad (5.69)$$

где $\sum \Delta f$ – сумма элементарных площадок, мм^2;

a – масштаб скорости, (км/ч)/мм;

b – масштаб величин, обратных ускорениям, (с^2/м)/мм.

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.7.

Таблица 5.7

Результаты расчетов времени и пути разгона автомобиля

Разгон	Δf, мм^2	Время разгона, с	Разгон	Δs, мм^2	Путь разгона
от V_0 до V_1			от V_0 до V_1		
от V_1 до V_2			от V_1 до V_2		
...			...		
от V_{z-1} до V_z			от V_{z-1} до V_z		

Время разгона определяется по формуле (5.69). Расчет ведут до скорости, равной 0,95 от V_{max}, так как при V_{max} ускорение $j = 0$, а $\frac{1}{j} = \infty$.

По данным таблицы 5.7 строят график зависимости $t = f(V)$ (рис. 5.6). График пути разгона, так же как и график времени разгона, строят для характеристики приемистости автомобиля. Известно, что скорость есть первая производная пути по времени

$$V = \frac{ds}{dt}, \tag{5.70}$$

откуда

$$ds = V \cdot dt, \tag{5.71}$$

или

$$s = \int_{t_0}^{t_1} V dt. \tag{5.72}$$

Ввиду сложности аналитического решения интеграла, для определения пути разгона автомобиля применяют графоаналитический метод. На графике времени разгона (рис. 5.6) площадь между кривой и осью ординат разбивается несколькими горизонтальными линиями на участки и определяются их площади. Каждая элементарная площадка Δs представляет собой в масштабе Vdt.

Путь разгона определяется по формуле

$$s = \frac{\sum \Delta s \cdot a \cdot c}{3{,}6}, \text{ м}, \qquad (5.73)$$

где $\sum \Delta s$ – сумма элементарных площадок, мм^2;

c – масштаб времени, с/мм.

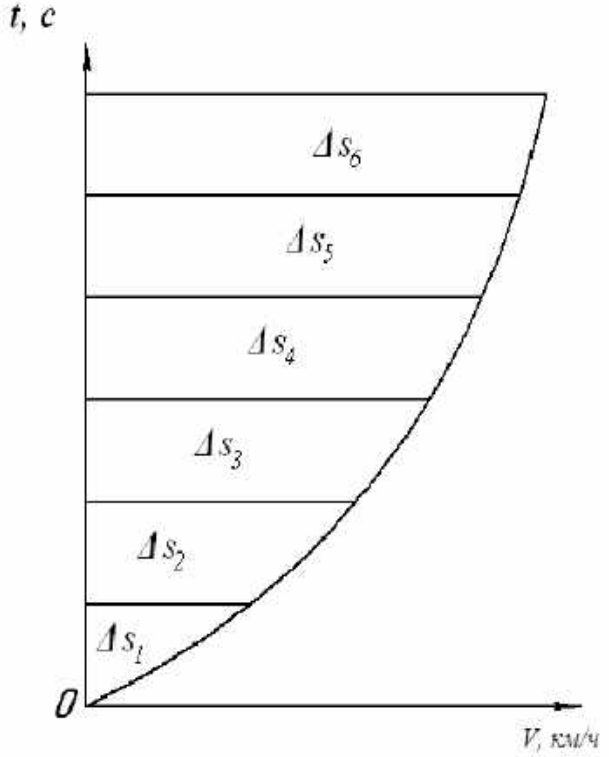


Рис. 5.6. График зависимости времени разгона автомобиля от скорости

Результаты расчетов заносятся в таблицу 5.7. По данным таблицы 5.7 строится график пути разгона автомобиля. Примерный график пути разгона $s = f(V)$ представлен на рисунке 5.7.

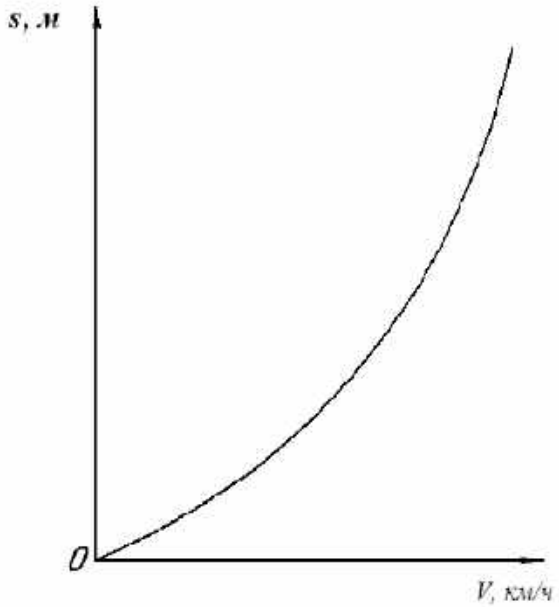


Рис. 5.7. График зависимости пути разгона автомобиля от скорости

5.2.4. Расчет топливной экономичности автомобиля

Основным показателем топливной экономичности является график экономической характеристики автомобиля.

Этот график может быть построен по данным дорожных испытаний. Если же дорожные испытания не проводятся, то экономическую характеристику автомобиля строят аналитически, проводя соответствующие расчеты.

Известно, что расход топлива автомобилем на 100 км пути равен

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot V}, \text{ л/100 км}, \qquad (5.74)$$

где g_e – удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч;

N_e – мощность двигателя, кВт;

V – скорость движения автомобиля, км/ч.

В свою очередь

$$N_e = \frac{N_\psi + N_w}{\eta_{mp}}, \text{ кВт}, \qquad (5.75)$$

где N_ψ – мощность, затрачиваемая двигателем автомобиля на преодоление сопротивления дороги, кВт;

N_w – мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление сопротивления воздуха, кВт;

η_{mp} – к.п.д. трансмиссии.

Мощность двигателя автомобиля, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, определяется по формуле

$$N_\psi = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi \cdot V}{3600 \cdot \eta_{mp}}, \text{ кВт}, \qquad (5.76)$$

где m_a – полная масса автомобиля, кг;

ψ – суммарный коэффициент сопротивления дороги;

V – скорость движения автомобиля, км/ч.

Мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по уравнению

$$N_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot V^3}{13 \cdot 3600}, \text{ кВт}, \qquad (5.77)$$

где κ – коэффициент сопротивления воздуха, $(\text{Н}\cdot\text{с}^2)/\text{м}^4$;

F – лобовая площадь автомобиля, м^2.

Для грузовых автомобилей κ лежит в пределах 0,5…0,9; у грузопассажирских – κ = 0,25…0,4 (прил. 28, 29).

$$F = 0{,}778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \qquad (5.78)$$

где B и H – ширина и высота автомобиля, м.

Тогда

$$Q_s = g_e \cdot \frac{N_\psi + N_w}{10 \cdot V \cdot \eta_{mp}}, \text{ л/100 км}. \qquad (5.79)$$

Удельный расход топлива двигателя для любой частоты вращения двигателя и степени использования мощности определяется по уравнению:

$$g_e = g_n \cdot \kappa_n \cdot \kappa_n, \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}, \qquad (5.80)$$

где $g_н$ – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/кВт·ч;

$\kappa_н$ – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя;

κ_n – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

График зависимости коэффициента κ_n от отношения частоты вращения коленчатого вала текущей к частоте вращения номинальной $n_e/n_н$ приведен на рисунке 5.8. График зависимости коэффициента $\kappa_н$ от степени использования мощности двигателя U для карбюраторных двигателей приведен на рисунке 5.9. График зависимости коэффициента $\kappa_н$ от степени использования мощности двигателя U для дизельных двигателей – на рисунке 5.10.

Степень использования мощности двигателя U определяется по формуле

$$U = \frac{N_\psi + N_w}{\eta_{тр} \cdot N_e}, \qquad (5.81)$$

где N_e – мощность двигателя, определяемая по скоростной характеристике, кВт.

Мощность N_ψ, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления дороги, определяется по формуле (5.85). Мощность N_w, затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по формуле (5.86). При работе с полным использованием мощности ($U = 1$), коэффициент $\kappa_н$ равен единице.

При расчетах $g_н$ принимается для карбюраторных двигателей равным 330 г/кВт·ч, а для дизельных – $g_н = 240$ г/кВт·ч. Также $g_н$ может быть принято из теплового расчета двигателя. Расчет производится для условий движения автомобиля на прямой передаче по дороге с коэффициентом сопротивления $\psi = f$ для тех же значений скоростей, которые использовались при динамическом

расчете. Нужно рассчитать 6…8 точек. Необходимые данные берутся из таблицы 5.6. Результаты расчетов заносят в таблицу 5.8.

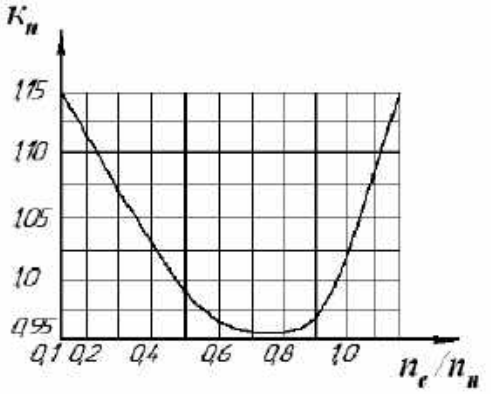


Рис. 5.8. График зависимости коэффициента $K_н$ от отношения частоты вращения коленчатого вала двигателя $n_e/n_н$

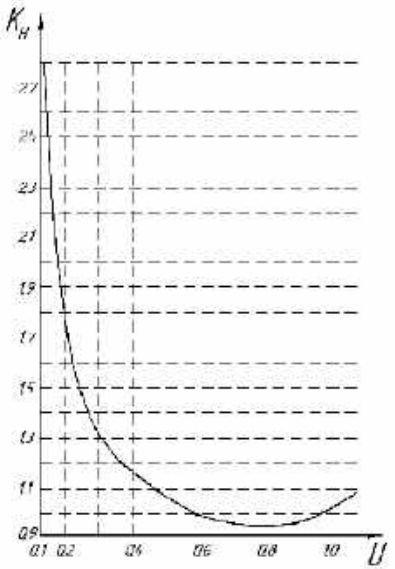


Рис. 5.9. График зависимости коэффициента $K_н$ от степени использования мощности двигателя (карбюраторные двигатели)

Таблица 5.8

Результаты расчета экономической характеристики

Коэфф. сопротивления дороги	Номер точки	V_i, км/ч	n_e/n_N	$K_н$	N_{e_i}, кВт	N_{ψ_i}, кВт	U	$K_к$	Q_{s_i}, л/100 км
ψ	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

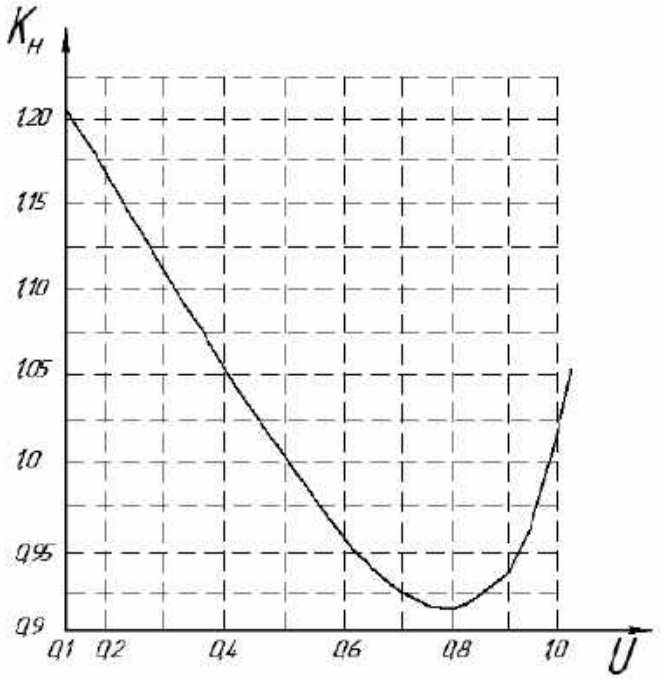


Рис. 5.10. График зависимости коэффициента $K_н$ от степени использования мощности двигателя (дизельные двигатели)

По данным таблицы 5.8 строится экономическая характеристика автомобиля (рис. 5.11).

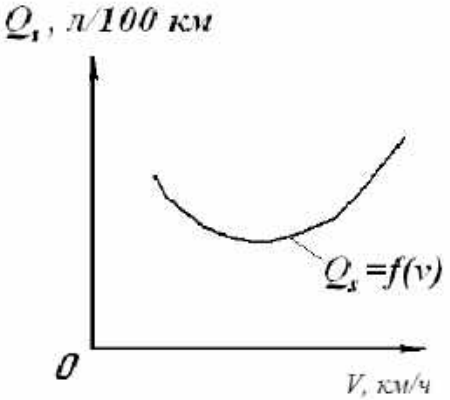


Рис. 5.11. Экономическая характеристика автомобиля

Выполненный тяговый, динамический и топливно-экономический расчет автомобиля позволяет оценить его тягово-скоростную эффективность и топливную экономичность в заданных условиях при различных режимах эксплуатации.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей : учеб. пособие / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 2002. – 496 с.

2. Николаенко, А. В. Теория, конструкция и расчет автотракторных двигателей : учеб. пособие / А. В. Николаенко. – М. : Колос, 1992. – 414 с.

3. Уханов, А. П. Автомобильные и тракторные двигатели. Курсовое проектирование : учеб. пособие / А. П. Уханов, В. Ф. Китанин, Д. А. Уханов [и др.] ; под ред. А. П. Уханова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2005. – 192 с.

4. Уханов, А. П. Использование нефтепродуктов, технических жидкостей и ремонтных материалов при эксплуатации мобильных машин : учебное пособие / А. П. Уханов, Ю. В. Гуськов, И. И. Артемов, А. В. Климанов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Самара : СГСХА, 2002. – 292 с.

5. Климанов, А. В. Теория и расчет автотракторных двигателей : учебное пособие / А. В. Климанов, Г. А. Ленивцев. – Самара : СГСХА, 2002. – 127 с.

6. Климанов, А. В. Курсовое проектирование по теории и расчету автотракторных двигателей : методические рекомендации. – Самара : Самвен, 2002. – 36 с.

7. Петрова, С. С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / сост. С. С. Петрова, Г. С. Бухвалов, С. В. Машков, А. П. Быченин, С. В. Денисов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 38 с.

8. Плаксин, В. Ф. Динамический и топливно-экономический расчет автомобиля : методические рекомендации / В. Ф. Плаксин, Р. Р. Мингалимов, Р. М. Мусин [и др.]. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2009. – 52 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Варианты заданий на курсовой проект

Номер варианта	Прототип	Обороты двигателя, n,мин$^{-1}$	Степень сжатия, ε	Тип двигателя	Трактор						Автомобиль						
					Прототип	$P_{кр}$, кН	Тип движителя	$V_{тр}$, км/ч	Число передач	Агрофон	Автомобиль (прототип)	Грузоподъем-ность, (т) / кол-во мест	V_{max}, км/ч	К-т сопр. дороги, f	Угол подъема на прямой передаче	Максимальный угол подъема	к.п.д трансмиссии
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
01	ВАЗ-2101	5600	7,7	Р-4К							ВАЗ-2101	5 ч	130	1,9	30	2,1	0,92
02	Д-245.2	1950	16	Р-4ДТ	МТЗ-1221	20	кол	7,2	5	стерня							
04	ЗМЗ-402	4200	8	Р-4К							ГАЗ-3110	5 ч	160	2,7	5,7	31	0,91
05	ЗМЗ-53	3340	6,9	V-8К							ГАЗ-53	4 т	83	2,4	3	28,5	0,91
06	Renault Logan	5500	9,9	Р-4И							Renault Logan	5 ч	130	3	7	30	0,92
07	ВАЗ-2101	5610	7,7	Р-4К							ВАЗ-2102	5 ч	134	1,85	30	2	0,92
08	УМЗ-412Э	5700	8,7	Р-4К							Москвич-412	5 ч	120	2,5	5,8	29	0,9
09	ЯМЗ-8481.10	1900	14	V-8ДТ	К-744Р2	54	кол	6,7	5	целина							
10	ЗиЛ-130	3050	6,6	V-8К							ЗиЛ-130	6 т	95	3,3	7,2	34	0,9
11	МЗМА-407	4400	7,3	Р-4К							Москвич-407	5ч	110	2,8	7,2	29	0,92

Окончание приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
12	ВАЗ-2101	5500	8,7	Р-4К							ВАЗ-2101	5 ч	130	2,9	3,2	33,5	0,91
13	ЗиЛ-645	2800	18,1	V-8ДТ							ЗиЛ-433110	5 т	90	3,1	6,5	32	0,85
14	ВАЗ-2103	5400	8,7	Р-4К							ВАЗ-2103	5 ч	120	3,2	6,2	30	0,9
15	ВАЗ-2103	5410	8,7	Р-4К							ВАЗ-2106	5 ч	122	3,1	6,3	30	0,9
16	КамАЗ-740	2500	16,1	V-8Д							КамАЗ-5320	14 т	100	2,8	7,4	34	0,85
17	ВАЗ-2111	5550	8,5	Р-4И							ВАЗ-2111	5 ч	100	2,7	5,6	28	0,93
18	Д-65Н	1700	17	Р-4Д	ЮМЗ-6Л	20	кол	6	5	стерня							
19	ВАЗ-2112	5600	9,2	Р-4И							ВАЗ-2112	5 ч	110	2,6	5,55	28	0,93
20	ЗМЗ-53	3350	6,9	V-8К							ГАЗ-53	4 т	82	2,4	3	28	0,91
21	ВАЗ-2101	5610	7,7	Р-4К							ВАЗ-2102	5 ч	134	1,85	30	2	0,92
22	Д-245.2	1940	16	Р-4ДТ	МТЗ-1221	20,5	кол	7,15	5	стерня							
23	ВАЗ-2107	5560	8,5	Р-4К							ВАЗ-2107	5 ч	136	2,3	4,9	29,5	0,91
24	ЗМЗ-402	4210	8	Р-4К							ГАЗ-3110	5 ч	159	2,7	5,7	30,5	0,91
25	Renault Logan	5490	9,9	Р-4И							Renault Logan	5 ч	131	3	7	30,5	0,92
26	УМЗ-412Э	5710	8,7	Р-4К							Москвич-4121	5 ч	119	2,5	5,8	29,5	0,9
27	МЗМА-407	4390	7,3	Р-4К							Москвич-407	5ч	111	2,8	7,2	28,5	0,92
28	ВАЗ-2121	5610	9,6	Р-4И							ВАЗ-2121	5 ч	101	3,2	7,15	33	0,88
29	ВАЗ-2112	5540	8,5	Р-4И							ВАЗ-2112	5 ч.	99	2,69	5,55	27,5	0,93
30	ЗиЛ-130	3060	6,6	V-8К							ЗиЛ-130	6 т	96	3,3	7,15	34	0,9

Приложение 2

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

Курсовой проект

по дисциплине: «Основы теории колесных и гусеничных машин»
Тема: «Комплексный расчет д.в.с. и ЭС _____»
модель, марка

Выполнил:
Студент _____ курса
Группы _____
специальности (направления подготовки) Технические системы в агробизнесе
личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, инициалы)

К защите допущен _____ / _____ /
(подпись) *(фамилия, инициалы)*

_____ / _____
_____ / _____
Оценка _____ _____ / _____
(цифрой и прописью) *подписи членов комиссии* *расшифровка подписи*

Кинель, 20__

Приложение 3

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»
Кафедра «Тракторы и автомобили»

Задание на курсовой проект по дисциплине
«Основы теории колесных и гусеничных машин»
студенту ___ группы ___ курса инженерного факультета
_____(ФИО)

Тема курсового проекта
«Комплексный расчет двигателя внутреннего сгорания и
энергетического средства _____»
модель, марка

• двигатель (прототип по ЭС _____):
- эффективная мощность (по расчетам ЭС) N_e = _____ кВт;
- номинальная частота вращения коленвала $n_н$ = _____ мин$^{-1}$;
- тип д.в.с. (число и расположение цилиндров, система питания, турбонаддув) _____;
- степень сжатия ε = _____ ;
• трактор (прототип _____):
- крюковая сила тяги на первой передаче, $P_{кр1}$ = ____ кН;
- тип движителя _____ ;
- теоретич. скорость движ-я на первой передаче, $V_{Т1}$=___ км/ч;
- число передач _____ ;
- агрофон _____.
• автомобиль (прототип _____):
- грузоподъемность, т. / кол-во мест _____;
- максимальная скорость, V_{max} = ____ км/ч;
- коэффициент сопротивления дороги (при V_{max}), f = ____ ;
- угол подъема на прямой передаче _____ ;
- максимальный угол подъема _____ ;
- к.п.д. трансмиссии _____ .

Руководитель: Сроки выполнения
_____ 1 часть_____
2 часть_____
Защита_____
20__ /20__ уч. год

Основные технические данные автомобильных двигателей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_h \cdot i$,л	ε	N_{en}, кВт	g_e, г/(кВт·ч)	n_n, $мин^{-1}$	Топ-ливо
МеМЗ-969А	V-4	76	66	1,2	7,2	29,4	328	4200	А-76
ВАЗ-1113	Р-2	79	66	0,65	8,5	23	-	5500	Аи-92
УЗАМ-412Э	Р-4	82	70	1,48	8,8	55	306	5800	Аи-93
ВАЗ-2106	Р-4	79	80	1,57	8,5	59	299	5400	Аи-93
ВАЗ-2107	Р-4	76	80	1,45	8,5	57	299	5600	Аи-93
УМЗ-451М	Р-4	92	92	2,45	6,7	55,2	313	4000	А-76
ЗМЗ-402.10	Р-4	92	92	2,45	8,2	73,5	285	4500	А-76
ЗМЗ-24Д	Р-4	92	92	2,45	8,2	70	292	4500	А-76
ЗМЗ-53.11	V-8	92	80	4,25	7	88,3	300	3200	А-76
ЗиЛ-130	V-8	100	95	6	7,1	110	300	3200	А-76
ЗМЗ-53.27	V-8	92	80	4,25	7	69	-	3400	Газо-вое
ВАЗ-3411	Р-4	82	80	1,7	23	44,2	300	4800	ДТ
ВАЗ-342	Р-4	76	80	1,4	23	51,5	320	5000	ДТ
ГАЗ-3301	Р-6	105	120	6,3	18	92	225	2800	ДТ
ЗиЛ-845Н	V-8	110	115	8,7	18,5	162	238	2800	ДТ
КамАЗ-7401	V-8	120	120	10,8	17	161	220	2600	ДТ
КамАЗ-640	V-6	120	120	8,2	17	117	225	2600	ДТ
ЯМЗ-238НБ	V-8	130	140	14,8	16,5	158	238	1700	ДТ
ЯМЗ-240Н	V-12	130	140	22,2	16	368	248	2100	ДТ

Приложение 5

Основные технические данные тракторных дизелей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_h \cdot i$,л	ε	N_{en}, кВт	g_e, г/(кВт·ч)	n_n, мин$^{-1}$
Д-21А1	Р-2	105	120	2,08	16,5	18,4	236	1800
Д-120	Р-2	105	120	2,08	16,5	22,1	236	2000
Д-144-07	Р-4	105	120	4,15	16,5	44,2	238	2000
Д-145Т	Р-4	105	120	4,15	16,5	55,2	238	2000
Д-65Н	Р-4	110	130	4,94	17,3	45,6	238	1750
Д-240Т	Р-4	110	125	4,8	16	73,6	235	2200
Д-260Т	Р-6	110	125	7,1	15	110	236	2100
СМД-23	Р-4	120	140	9,1	15	125	224	2000
СМД-31	V-6	120	140	9,5	15	195	231	2000
СМД-60	V-6	130	115	9,1	14,5	110	234	2000
СМД-86	V-8	130	115	12,1	14,5	140	238	2000
А-41Т	Р-4	130	140	7,43	16	97	238	1750
Д-450	Р-4	130	140	7,43	14	110	231	1800
А-01Т	Р-6	130	140	7,43	14,5	129	238	1800
Д-160Б	Р-4	145	205	13,6	14	105	238	1070
Д-200	Р-6	145	205	13,6	14	147	245	1250
ЯМЗ-240Б	V-12	130	140	22,2	16,5	220	228	1900

Приложение 6

Средний элементарный состав жидких топлив и их теплотворность

Топливо	Состав в массовых долях				Низшая теплота сгорания, МДж/кг
	С	Н	О	зола и влага	
Бензин	0,854	0,142	0,003	0,001	43,5
Дизельное топливо	0,857	0,133	0,01	-	42,8
Газовое топливо	-	-	-	-	86…112

Примеры теплового расчета двигателей внутреннего сгорания

Пример №1. Провести тепловой расчет двигателя мощностью N_e = 59кВт, с частотой вращения коленчатого вала n=5600 мин$^{-1}$, степенью сжатия ε=8,8. Прототипом является двигатель ВАЗ-2105.

Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха P_o=0,1МПа; температуру окружающего воздуха T_o= 288 К; температуру остаточных газов T_r = 1000 К; температуру подогрева свежего заряда ΔT = 150 К.

2. Давление остаточных газов

$$P_r = (1{,}05\ldots1{,}25)P_o = 1{,}15\cdot0{,}1 = 0{,}115 \text{ МПа}.$$

3. Потери давления на впуске

$$\Delta P_a = (0{,}05\ldots0{,}20)P_o = 0{,}2\cdot0{,}1 = 0{,}02 \text{ МПа}.$$

4. Давление в конце впуска $P_a = P_o - \Delta P_a = 0{,}1 - 0{,}02 = 0{,}08$ МПа.

5. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_0 + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{288 + 15}{1000} \cdot \frac{0{,}115}{8{,}8 \cdot 0{,}08 - 0{,}115} = 0{,}059.$$

6. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_0 + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{288 + 15 + 0{,}059 \cdot 1000}{1 + 0{,}059} = 341 \text{ К}.$$

Процесс сжатия

1. Показатель политропы сжатия

$$n_1 = 1{,}41 - 100/n = 1{,}41 - 100/5600 = 1{,}39.$$

2. Давление в конце сжатия $P_c = P_a\varepsilon^{n1} = 0{,}08\cdot8{,}8^{1{,}39} = 1{,}65$ МПа.

3. Температура в конце сжатия $T_c = T_a\varepsilon^{n1-1} = 341\cdot8{,}8^{1{,}39-1} = 796$К.

Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1кг топлива

$$l_0 = \left(\frac{1}{0{,}23}\right)\cdot\left(\frac{8}{3}C + 8H - O_T\right) =$$

$$= \left(\frac{1}{0{,}23}\right) \cdot \left(\frac{8}{3} \cdot 0{,}854 + 8 \cdot 0{,}142 - 0{,}003\right) = 14{,}8 \frac{кг \quad воздуха}{кг \quad топлива}.$$

$$L_0 = \left(\frac{1}{0{,}21}\right) \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32}\right) =$$

$$= \left(\frac{1}{0{,}21}\right) \cdot \left(\frac{0{,}854}{12} + \frac{0{,}142}{4} - \frac{0{,}003}{32}\right) = 0{,}51 \frac{кмоль \quad воздуха}{кг \quad топлива}.$$

2. Действительно поступившее количество воздуха

$$M_1 = \alpha L_0 = 0{,}95 \cdot 0{,}51 = 0{,}480 \text{ кмоль}.$$

3. Количество остаточных газов

$$M_r = \gamma_r \cdot M_1 = 0{,}059 \cdot 0{,}480 = 0{,}028 \text{ кмоль}.$$

4. Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + H_2/4 + O_T/32 + 0{,}21 \cdot L_0(1 - \alpha) =$$

$$= 0{,}95 \cdot 0{,}51 + 0{,}142/4 + 0{,}003/32 + 0{,}21 \cdot 0{,}51(1 - 0{,}95) = 0{,}528 \frac{кмоль}{кг}.$$

5. Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{0{,}528 + 0{,}028}{0{,}480 + 0{,}028} = 1{,}09.$$

6. Средняя молекулярная теплоемкость

а) свежего заряда

$$C_{V_1} = 20{,}16 + 1{,}738 \cdot 10^{-3} T_c =$$

$$= 20{,}16 + 1{,}738 \cdot 10^{-3} \cdot 796 = 21{,}54 \frac{кДж}{(кмоль \cdot К)};$$

б) продуктов сгорания

$$C'v = (18{,}4 + 2{,}6\alpha) + (15{,}5 + 13{,}8\alpha)10^{-4} T_z = 20{,}87 + 28{,}61 \cdot 10^{-4} \cdot T_z.$$

7. Принимаем: низшая теплотворная способность топлива $Q_н$=43500 кДж/кг; коэффициент использования тепла $\xi = 0{,}9$.

8. Потери части теплотворности из-за неполноты сгорания

$$\Delta Q_н = 12(1-\alpha)L_0 \cdot 10^4 = 12(1-0{,}95)\cdot 0{,}51\cdot 10^4 = 3060\ \frac{кДж}{кг}.$$

9. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$C_{v_1}T_c + \frac{\xi\cdot(Q_н - \Delta Q_н)}{\alpha\cdot L_0(1+\gamma_r)} = \beta\cdot C'_v T_z;$$

$$21{,}54\cdot 796 + \frac{0{,}9(43500-3060)}{0{,}95\cdot 0{,}51\cdot(1+0{,}059)} = 1{,}09(20{,}87 + 28{,}61\cdot 10^{-4}\cdot T_z)\cdot T_z;$$

$$0{,}0031\cdot T_z^2 + 22{,}54\cdot T_z - 87592 = 0$$

$$T_z = 2800K.$$

10. Давление в конце сгорания

$$P_z = \frac{\beta\cdot P_c\cdot T_z}{T_c} = \frac{1{,}09\cdot 1{,}65\cdot 2800}{796} = 6{,}32МПа.$$

Процесс расширения

1. Показатель политропы расширения

$$n_2 = 1{,}22 + \frac{130}{n} = 1{,}22 + \frac{130}{5600} = 1{,}24.$$

2. Давление в конце расширения

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{6{,}32}{8{,}8^{1{,}24}} = 0{,}426МПа.$$

3. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}} = \frac{2800}{8{,}8^{1.24-1}} = 1666K.$$

4. Проверка ранее принятой Tr

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{1666}{\sqrt[3]{\frac{0{,}426}{0{,}115}}} = 1081{,}8\ \text{К}.$$

Отличие от ранее принятой температуры T_r = 1000 К составляет 8,1%, что менее 15%, следовательно, корректировать расчет не требуется.

Определение среднего индикаторного давления

1. Теоретическое среднее индикаторное давление

$$P_i' = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1{,}65}{8{,}8 - 1} \cdot \left[\frac{3{,}5}{1{,}24 - 1} \left(1 - \frac{1}{8{,}8^{1{,}24-1}} \right) - \frac{1}{1{,}39 - 1} \left(1 - \frac{1}{8{,}8^{1{,}39-1}} \right) \right] = 1{,}178 МПа.$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0{,}115 - 0{,}08 = 0{,}035 МПа.$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P_i' \cdot \nu - \Delta P_i = 1{,}178 \cdot 0{,}96 - 0{,}035 = 1{,}084 МПа.$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n \Big/ 3 \cdot 10^4 = 80 \cdot 5600 \Big/ 3 \cdot 10^4 = 14{,}9 \, м/с.$$

2. Среднее давление механических потерь

$$p_м = 0{,}05 + 0{,}0155 C_n = 0{,}05 + 0{,}0155 \cdot 14{,}9 = 0{,}281 МПа.$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_м = 1{,}084 - 0{,}281 = 0{,}803 МПа.$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_м = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0{,}803}{1{,}084} = 0{,}74.$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 59 \cdot 4}{0{,}803 \cdot 5600 \cdot 4} = 0{,}394 л.$$

6. Диаметр цилиндра (при S/D=1,053 по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0{,}394}{3{,}14 \cdot 1{,}053}} = 77{,}8 мм$$ – принимаем 78 мм.

7. Ход поршня

$$S = D \cdot k = 78 \cdot 1{,}053 = 82{,}134 мм$$ – принимаем 82 мм.

8. Из принятых D и S определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3{,}14 \cdot 78^2 \cdot 82}{4 \cdot 10^6} = 0{,}392 л;$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30\tau} = \frac{0{,}803 \cdot 0{,}392 \cdot 4 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 58{,}7 \approx 59 кВт;$$

в) эффективный крутящий момент

$$M_k = 9550 \frac{N_e}{n} = 9550 \frac{58{,}7}{5600} = 100 Н \cdot м;$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30 \cdot 10^4} = \frac{82 \cdot 5600}{30 \cdot 10^4} = 15{,}3 м/с.$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_л = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30\tau} = \frac{0{,}803 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 37{,}5 кВт/л.$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_п = \frac{N_e}{F_п \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30\tau} = \frac{0{,}803 \cdot 82 \cdot 10^{-2} \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 30{,}73 кВт/дм^2.$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_0 \cdot 10^6}{B \cdot T_0} = \frac{0{,}1 \cdot 10^6}{287 \cdot 288} = 1{,}2 \frac{кг}{м^3}.$$

12. Индикаторный к.п.д. двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_н \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1{,}084 \cdot 14{,}8 \cdot 0{,}95 \cdot 10^3}{43500 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}8} = 0{,}35.$$

13. Эффективный к.п.д. двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_м = 0{,}74 \cdot 0{,}35 = 0{,}26.$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{Q_н \cdot \eta_e} = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{43500 \cdot 0{,}26} = 318 \frac{г}{кВт \cdot ч}.$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{318 \cdot 58,7}{1000} = 18,7 \frac{кг}{ч} .$$

Отклонение расчетного значения мощности от заданного составляет 0,5%, что допустимо.

Пример №2. Провести тепловой расчет двигателя мощностью N_e = 60 кВт, с частотой вращения коленчатого вала n=2000 мин$^{-1}$, степенью сжатия ε=16. Прототипом является двигатель Д-241Д. На двигателе установить турбокомпрессор.

Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха P_0=0,1МПа; температуру окружающего воздуха T_0= 288 К; температуру остаточных газов T_r = 600 К; температуру подогрева свежего заряда ΔT= 5 К; показатель политропы сжатия n_k=1,7.

2. Давление надувочного воздуха

$$P_k = 1,5P_0 = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 МПа .$$

3. Температура воздуха за компрессором

$$T_k = T_0 \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}} = 288 \left(\frac{0,15}{0,1} \right)^{\frac{1,7-1}{1,7}} = 340 K .$$

4. Давление остаточных газов

$$P_r = 10,8P_k = 0,8 \cdot 0,15 = 0,12 МПа .$$

5. Потери давления на впуске

$$\Delta P_a = 0,05P_k = 0,05 \cdot 0,15 = 0,0075 МПа .$$

6. Давление в конце впуска

$$P_a = P_k - \Delta P_a = 0,15 - 0,0075 = 0,1425 МПа .$$

7. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{340 + 5}{600} \cdot \frac{0.12}{16 \cdot 0,1425 - 0,12} = 0,032 .$$

8. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{340 + 5 + 0,032 \cdot 600}{1 + 0,032} = 353,5 K .$$

Процесс сжатия

1. Средний показатель политропы сжатия

$$n_1=1{,}41-100/n=1{,}41-100/2000=1{,}36.$$

2. Давление в конце сжатия $P_c=P_a\varepsilon^{n1}=0{,}1425\cdot 16^{1{,}36}=6{,}19$МПа.

3. Температура в конце сжатия $T_c=T_a\varepsilon^{n1-1}=353{,}5\cdot 16^{1{,}36-1}=959$К.

Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0=\left(\frac{1}{0{,}23}\right)\cdot\left(\frac{8}{3}\cdot C+8H-O_T\right)=$$

$$=\left(\frac{1}{0{,}23}\right)\cdot\left(\frac{8}{3}\cdot 0{,}857+8\cdot 0{,}133-0{,}01\right)=14{,}5\frac{кг\quad воздуха}{кг\quad топлива};$$

$$L_0=\left(\frac{1}{0{,}21}\right)\cdot\left(\frac{C}{12}+\frac{H}{4}-\frac{O_T}{32}\right)=$$

$$=\left(\frac{1}{0{,}21}\right)\cdot\left(\frac{0{,}857}{12}+\frac{0{,}133}{4}-\frac{0{,}01}{32}\right)=0{,}5\frac{кмоль\quad воздуха}{кг\quad топлива}.$$

2. Действительно поступившее количество воздуха

$$M_1=\alpha L_0=1{,}7\cdot 0{,}5=0{,}85 \text{ кмоль}.$$

3. Количество остаточных газов

$$M_r=\gamma_r\cdot M_1=0{,}032\cdot 0{,}85=0{,}027 \text{ кмоль}.$$

4. Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива

$$M_2=\alpha\cdot L_0+H/4+O_T/32=$$

$$=1{,}7\cdot 0{,}5+0{,}133/4+0{,}01/32=0{,}88\,{кмоль}/{кг}.$$

5. Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

$$\beta=\frac{M_2+M_r}{M_1+M_r}=\frac{0{,}88+0{,}027}{0{,}85+0{,}027}=1{,}03.$$

6. Средняя молекулярная теплоемкость

а) свежего заряда

$$C_{V_1} = 20{,}16 + 1{,}738 \cdot 10^{-3} T_c =$$

$$= 20{,}16 + 1{,}738 \cdot 10^{-3} \cdot 959 = 21{,}83 \frac{кДж}{(кмоль \cdot K)};$$

б) продуктов сгорания

$$C'_p = 8{,}315 + \left(20 + \frac{0{,}92}{\alpha}\right) + \left(15{,}5 + \frac{13{,}8}{\alpha}\right) 10^{-4} T_z =$$

$$= 8{,}315 + \left(20 + \frac{0{,}92}{1{,}7}\right) + \left(15{,}5 + \frac{13{,}8}{1{,}7}\right) 10^{-4} T_z =$$

$$= 28{,}85 + 23{,}62 \cdot 10^{-4} \cdot T_z .$$

7. Принимаем: низшая теплотворная способность топлива $Q_н$=42800 кДж/кг; коэффициент использования тепла $\xi = 0{,}7$.

8. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$\left(C_{V1} + 8{,}315\lambda\right) T_c + \frac{\xi Q_н}{\alpha \cdot L_0 \left(1 + \gamma_r\right)} = \beta C'_p T_z ;$$

$$\left(21{,}83 + 8{,}315 \cdot 1{,}7\right) \cdot 959 + \frac{0{,}7 \cdot 42800}{1{,}7 \cdot 0{,}5\left(1 + 0{,}032\right)} =$$

$$= 1{,}03\left(28{,}85 + 23{,}62 \cdot 10^{-4} \cdot T_z\right) \cdot T_z ;$$

$$0{,}0024 \cdot T_z^2 + 29{,}7 \cdot T_z - 68645 = 0 ;$$

$$T_z = 1990 K .$$

9. Давление в конце сгорания

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1{,}7 \cdot 6{,}19 = 10{,}52 МПа .$$

Процесс расширения

1. Показатель политропы расширения

$$n_2 = 1{,}22 + \frac{130}{n} = 1{,}22 + \frac{130}{2000} = 1{,}28 .$$

2. Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1{,}03 \cdot 1990}{1{,}7 \cdot 959} = 1{,}26 .$$

3. Степень последующего расширения $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16}{1{,}26} = 12{,}7$.

4. Давление в конце расширения

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{10{,}52}{12{,}7^{1{,}28}} = 0{,}41 МПа .$$

5. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2 - 1}} = \frac{1990}{12{,}7^{1{,}28-1}} = 975 K .$$

6. Проверка ранее принятой T_r

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{975}{\sqrt[3]{\frac{0{,}41}{0{,}12}}} = 650 \text{ K},$$

Отличие от ранее принятой температуры T_r=600 К составляет 8,3%, что менее 15%, следовательно, корректировать расчет не требуется.

Определение среднего индикаторного давления

1. Теоретическое среднее индикаторное давление

$$P_i' = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1}\left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] =$$

$$= \frac{6{,}19}{16 - 1} \cdot \left[1{,}7(1{,}26 - 1) + \frac{1{,}7 \cdot 1{,}26}{1{,}28 - 1}\left(1 - \frac{1}{12{,}7^{1{,}28-1}}\right) - \frac{1}{1{,}36 - 1}\left(1 - \frac{1}{16^{1{,}36-1}}\right) \right] =$$

$$= 1{,}2 МПа .$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0{,}12 - 0{,}142 = -0{,}022 МПа .$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P_i' \cdot \nu - \Delta P_i = 1{,}2 \cdot 0{,}93 - (-0{,}022) = 1{,}14 МПа .$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 125 \cdot 2000 / 3 \cdot 10^4 = 8{,}3 \, м/с .$$

2. Среднее давление механических потерь

$$P_м = 0{,}105 + 0{,}012 C_n = 0{,}105 + 0{,}012 \cdot 8{,}3 = 0{,}2 МПа .$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_м = 1{,}14 - 0{,}2 = 0{,}94 МПа .$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_м = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0{,}94}{1{,}14} = 0{,}82 .$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 60 \cdot 4}{0{,}94 \cdot 2000 \cdot 4} = 0{,}96 л .$$

6. Диаметр цилиндра (при S/D=1,136 по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0{,}96}{3{,}14 \cdot 1{,}136}} = 102{,}5 мм$$ – принимаем 102мм.

7. Ход поршня

$$S = D \cdot k = 102 \cdot 1{,}136 = 115{,}8 мм$$ – принимаем 116мм.

8. Из принятых D и S определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3{,}14 \cdot 102^2 \cdot 116}{4 \cdot 10^6} = 0{,}947 л ;$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30\tau} = \frac{0{,}94 \cdot 0{,}947 \cdot 4 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 59{,}3 \approx 60 кВт ;$$

в) эффективный крутящий момент

$$Mk = 9550 \frac{Ne}{n} = 9550 \frac{59{,}3}{2000} = 283 Нм ;$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4} = \frac{116 \cdot 2000}{3 \cdot 10^4} = 7{,}7 м/с .$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_л = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0{,}94 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 15{,}7 кВт / л .$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_п = \frac{N_e}{F_п \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0{,}94 \cdot 116 \cdot 10^{-2} \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 18{,}17 кВт / дм^2 .$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_к \cdot 10^6}{B \cdot T_к} = \frac{0{,}15 \cdot 10^6}{287 \cdot 340} = 1{,}54 \frac{кг}{м^3} .$$

12. Индикаторный к.п.д. двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_н \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1{,}14 \cdot 14{,}5 \cdot 1{,}7 \cdot 10^3}{42800 \cdot 1{,}54 \cdot 0{,}9} = 0{,}47 .$$

13. Эффективный к.п.д. двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_м = 0{,}47 \cdot 0{,}82 = 0{,}38 .$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{Q_н \cdot \eta_e} = \frac{3{,}6 \cdot 10^6}{42800 \cdot 0{,}38} = 221 \frac{г}{кВт \cdot ч} .$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{221 \cdot 59{,}3}{1000} = 13{,}1 \frac{кг}{ч} .$$

Отклонение расчетного значения мощности от заданного составляет 1,2%, что допустимо.

Тепловой расчет двигателя на ПЭВМ
(на примере карбюраторного двигателя ГАЗ-53)

Исходные данные:					
Прототип двигателя:	ГАЗ-53А	;			
Ход поршня S=	80	мм;			
Диаметр поршня D=	92	мм;			
Степень сжатия ε=	6,4	;			
Средняя скорость поршня Cп=		8,4	м/с;		
Коэффициент наполнения ηv=		0,77	;		
Коэффициент избытка воздуха α=			0,9	;	
Температура остаточных газов Tr=			900	K;	
Частота вращения коленчатого вала n=			3150	об/мин;	
Номинальная мощность Nен=		83	кВт;		
Степень повышения давления λ=			4	;	
Число цилиндров двигателя i=		8	шт;		
Тактность двигателя τ=		4	;		
Расчет корректировать не требуется					
Студент	;	Группа		;	
Результаты расчета:					
Давление в конце впуска Pa=		0,095	Мпа;		
Температура в конце впуска Ta=			342,2012	K;	
Давление в конце сжатия Pc=		1,226999	Мпа;		
Температура в конце сжатия Tc=			690,5931	K;	
Давление в конце сгорания Pz=			4,907998	Мпа;	
Температура в конце сгорания Tz=			2196,875	K;	
Давление в конце расширения Pb=			0,472165	Мпа;	
Температура в конце расширения Tb=			1352,617	K;	
Среднее индикаторное давление Pi=			0,992812	Мпа;	
Среднее эффективное давление Pe=			0,839412	Мпа;	
Индикаторный к.п.д. ηi=		0,319722	;		
Механический к.п.д. ηm=		0,845489	;		
Эффективный к.п.д. ηe=		0,270321	;		
Удельный эффективный расход топлива ge=					306,1492 г/кВтч
Ход поршня S=	78	мм;			
Диаметр поршня D=	90	мм;			
Рабочий объем цилиндра Vh=		0,495963	л;		
Средняя скорость поршня Cп=		8,19	м/с;		
Эффективная мощность Ne=		87,42665	кВт;		
Удельная литровая мощность Nл=			22,03457	кВт/л;	
Удельная поршневая мощность Nп=			17,18696	кВт/кв. дм.;	
Эффективный крутящий момент Mk=			265,0564	Нм.	

Пример динамического расчета двигателя на ЭВМ

Введите в выделенные цветом ячейки требуемые значения.

Pr (в мм) берется из индикаторной диаграммы, значения sin(α+β)/cosβ и cos(α+β)/cosβ берутся из справочных материалов.

mп=	0,744	кг;	mш=	0,976	кг;	mk=	1,098	кг;	mj=	1,0124	кг; λ=R/L= 0,295 ;
μp=	159	Н в мм;	R=	0,039	м;	n=	3150	об/мин;	ω=	329,7	1/с; mR= 1,8056 кг;

α,°	Pr, мм	Pr, Н	Pj, Н	α, рад	Pрез, Н	Pc, Н	cos(α+β)/cosβ	Z, Н	sin(α+β)/cosβ	T, Н	Rш, Н	Pj, мм
0	4,2	667,6425	-5558,08	0	-4890,43	-7654,63	1	-4890,43	0	0	12545,06	-34,9647
30	3,8	604,0575	-4814,17	0,523333	-4210,11	-7654,63	0,795	-3347,04	0,622	-2618,69	11309,034	-30,285
60	3,8	604,0575	-2781,59	1,046667	-2177,54	-7654,63	0,285	-620,597	0,99	-2155,76	8551,4118	-17,4984
90	3,8	604,0575	-4,42604	1,57	599,6315	-7654,63	-0,289	-173,293	1	599,6315	7850,8535	-0,02784
120	3,8	604,0575	2773,925	2,093333	3377,983	-7654,63	-0,715	-2415,26	0,742	2506,463	10377,136	17,45019
150	3,8	604,0575	4809,742	2,616667	5413,799	-7654,63	-0,937	-5072,73	0,378	2046,416	12890,828	30,26708
180	3,8	604,0575	5558,068	3,14	6162,125	-7654,63	-1	-6162,13	0	0	13816,753	34,96465
210	4	635,85	4818,59	3,663333	5454,44	-7654,63	-0,937	-5110,81	-0,378	-2061,78	12930,867	30,31274
240	5	794,8125	2789,253	4,186667	3584,065	-7654,63	-0,715	-2562,61	-0,742	-2659,38	10557,658	17,54661
270	6	953,775	13,27812	4,71	967,0531	-7654,63	-0,289	-279,478	-1	-967,053	7992,8232	0,08353
300	13	2066,513	-2766,25	5,233333	-699,738	-7654,63	0,285	-199,425	-0,99	692,741	7884,544	-17,4019
330	33	5245,763	-4805,3	5,756667	440,4632	-7654,63	0,795	350,1683	-0,622	-273,968	7309,595	-30,2291
360	170	27023,63	-5558,05	6,28	21465,58	-7654,63	1	21465,58	0	0	13810,951	-34,9645
390	147	23367,49	-4823	6,803333	18544,49	-7654,63	0,795	14742,87	0,622	11534,67	13538,534	-30,3405
420	56	8901,9	-2796,91	7,326667	6104,994	-7654,63	0,285	1739,923	0,99	6043,944	8456,5349	-17,5948
450	33	5245,763	-22,1302	7,85	5223,632	-7654,63	-0,289	-1509,63	1	5223,632	10548,457	-0,13922
480	23	3656,138	2758,569	8,373333	6414,707	-7654,63	-0,715	-4586,52	0,742	4759,713	13133,942	17,35369
510	19	3020,288	4800,845	8,896667	7821,132	-7654,63	-0,937	-7328,4	0,378	2956,388	15271,914	30,20112
540	9,5	1510,144	5558,012	9,42	7068,156	-7654,63	-1	-7068,16	0	0	14722,783	34,96429
570	4,2	667,6425	4827,389	9,943333	5496,031	-7654,63	-0,937	-5148,84	-0,378	-2077,12	12970,864	30,3681
600	4,2	667,6425	2804,552	10,46667	3472,195	-7654,63	-0,715	-2482,62	-0,742	-2576,37	10459,514	17,64285
630	4,2	667,6425	30,98215	10,99	698,6246	-7654,63	-0,289	-201,903	-1	-698,625	7887,5304	0,194902
660	4,2	667,6425	-2750,88	11,51333	-2083,24	-7654,63	0,285	-593,723	-0,99	2062,406	8502,2821	-17,3052
690	4,2	667,6425	-4796,38	12,03667	-4128,74	-7654,63	0,795	-3282,34	-0,622	2568,074	11234,427	-30,173
720	4,2	667,6425	-5558,08	12,56	-4890,43	-7654,63	1	-4890,43	0	0	12545,06	-34,9647

Приложение 10

Значения масс элементов кривошипно-шатунного механизма автомобильных двигателей

Элементы кривошипно-шатунного механизма	Конструктивные массы, $m' = m/F_п$, кг/м^2	
	Карбюраторные двигатели, Д = 70…100 мм	Дизельные двигатели, Д = 80…140 мм
Поршневая группа ($m'_п = m_п/F_п$):		
- поршень из алюминиевого сплава	80…150	150…350
- поршень из чугуна	150…250	250…450
Шатун ($m'_ш = m_ш/F_п$)	100…200	250…450
Неуравновешенная часть колена вала без противовесов ($m'_к = m_к/F_п$):		
- стальной кованый вал	150…200	200…450
- чугунный литой вал	100…200	150…350

Примечание: большие значения m' относятся к двигателям с большим диаметром цилиндра.

Приложение 11

Порядок работы и чередование вспышек четырехтактных двигателей

Расположение и число цилиндров	Порядок работы цилиндров	Интервалы чередований вспышек	Марки двигателей
Р–2	1–2–0–0	180°–540°	ВАЗ-1113
Р–4	1–3–4–2, 1–2–4–3	равномерно, 180°	УЗАМ-412Э, типа ВАЗ, ЗМЗ-24Д, Д-245
Р–6	1–5–3–6–2–4	равномерно, 120°	ГАЗ-3301
V–4	1–3–4–2	равномерно, 90°	МеМЗ-969А
V–6	1–4–2–5–3–6	90°, -150°, -90°, -150° и т.д.	КАМАЗ-640,
V–8	1–5–4–2–6–3–7–8	равномерно, 90°	ЗМЗ-53.11, ЗМЗ-53.27, ЗИЛ-130, ЗИЛ-845Н, ЯМЗ-238НБ,
V–12	1–12–5–8–3–10–6–7–2–11–4–9	75°, -45°, -75°, -45° и т.д.	ЯМЗ-240Н

Приложение 12

Значения постоянной λ кривошипно-шатунного механизма для автотракторных двигателей

Марка двигателя	Значение	Марка двигателя	Значение
МеМЗ-969А	0,237	А-41Т, А-01Т	0,264
ВАЗ-1113, ВАЗ-2106, ВАЗ-2107, ВАЗ-3411, ВАЗ-342, УЗАМ-412Э	0,295	Д-450	0,262
ЗМЗ-402.10, ЗМЗ-24Д, ЗМЗ-53М, ЗМЗ-53.27	0,295	КамАЗ-7401, КамАЗ-640	0,268
ЗиЛ-130, ЗиЛ-845Н	0,257	Д-160Б, Д-200	0,264
Д-21А1, Д-120, Д-144	0,279	ЯМЗ-238НБ	0,264
Д-65Н, Д-240Т, Д-260Т	0,272	ЯМЗ-240Б, ЯМЗ-240Н	0,266
СМД-60, СМД-31, СМД-86	0,280	ЯМЗ-740, ЯМЗ-743	0,267

Приложение 13

Значения величин $\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$ при разных значениях α и λ

$\alpha°$	Знак	$\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$								Знак	$\alpha°$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	1	1	1	1	1	1	1	1	+	360
30	+	0,806	0,803	0,801	0,798	0,795	0,793	0,790	0,788	+	330
60	+	0,317	0,309	0,301	0,293	0,285	0,277	0,269	0,261	+	300
90	-	0,245	0,256	0,267	0,278	0,289	0,300	0,311	0,322	-	270
120	-	0,683	0,691	0,699	0,707	0,715	0,723	0,731	0,739	-	240
150	-	0,926	0,929	0,931	0,934	0,937	0,939	0,942	0,944	-	210
180	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	180

Приложение 14

Значения величин $\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$ при разных значениях α и λ

$\alpha°$	Знак	$\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$								Знак	$\alpha°$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	-	360
30	+	0,605	0,609	0,613	0,618	0,622	0,627	0,631	0,636	-	330
60	+	0,972	0,976	0,981	0,985	0,990	0,995	0,999	1,004	-	300
90	+	1	1	1	1	1	1	1	1	-	270
120	+	0,760	0,756	0,751	0,747	0,742	0,737	0,733	0,728	-	240
150	+	0,395	0,391	0,387	0,382	0,378	0,373	0,369	0,364	-	210
180	+	0	0	0	0	0	0	0	0	-	180

Пример заполнения таблицы для расчета суммарной тангенциальной силы многоцилиндровых двигателей

α,°	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	TΣ, Н	TΣ/μρ, мм
0	0	5223,632	-967,053	0	-698,625	0	0	599,6315	4157,586	26,2
30	-2618,69	4759,713	692,741	-2077,12	2062,406	11534,67	-2061,78	2506,463	14798,41	93,1
60	-2155,76	2956,388	-273,968	-2576,37	2568,074	6043,944	-2659,38	2046,416	5949,349	37,4
90	599,6315	0	0	-698,625	0	5223,632	-967,053	0	4157,586	26,2
120	2506,463	-2077,12	11534,67	2062,406	-2618,69	4759,713	692,741	-2061,78	14798,41	93,1
150	2046,416	-2576,37	6043,944	2568,074	-2155,76	2956,388	-273,968	-2659,38	5949,349	37,4
180	0	-698,625	5223,632	0	599,6315	0	0	-967,053	4157,586	26,2
210	-2061,78	2062,406	4759,713	-2618,69	2506,463	-2077,12	11534,67	692,741	14798,41	93,1
240	-2659,38	2568,074	2956,388	-2155,76	2046,416	-2576,37	6043,944	-273,968	5949,349	37,4
270	-967,053	0	0	599,6315	0	-698,625	5223,632	0	4157,586	26,2
300	692,741	-2618,69	-2077,12	2506,463	-2061,78	2062,406	4759,713	11534,67	14798,41	93,1
330	-273,968	-2155,76	-2576,37	2046,416	-2659,38	2568,074	2956,388	6043,944	5949,349	37,4
360	0	599,6315	-698,625	0	-967,053	0	0	5223,632	4157,586	26,2
390	11534,67	2506,463	2062,406	-2061,78	692,741	-2618,69	-2077,12	4759,713	14798,41	93,1
420	6043,944	2046,416	2568,074	-2659,38	-273,968	-2155,76	-2576,37	2956,388	5949,349	37,4
450	5223,632	0	0	-967,053	0	599,6315	-698,625	0	4157,586	26,2
480	4759,713	-2061,78	-2618,69	692,741	11534,67	2506,463	2062,406	-2077,12	14798,41	93,1
510	2956,388	-2659,38	-2155,76	-273,968	6043,944	2046,416	2568,074	-2576,37	5949,349	37,4
540	0	-967,053	599,6315	0	5223,632	0	0	-698,625	4157,586	26,2
570	-2077,12	692,741	2506,463	11534,67	4759,713	-2061,78	-2618,69	2062,406	14798,41	93,1
600	-2576,37	-273,968	2046,416	6043,944	2956,388	-2659,38	-2155,76	2568,074	5949,349	37,4
630	-698,625	0	0	5223,632	0	-967,053	599,6315	0	4157,586	26,2
660	2062,406	11534,67	-2061,78	4759,713	-2077,12	692,741	2506,463	-2618,69	14798,41	93,1
690	2568,074	6043,944	-2659,38	2956,388	-2576,37	-273,968	2046,416	-2155,76	5949,349	37,4
Сумма									199242,7	1253,4
TΣср=									8301,78	52,2

μρ= 159 Н в мм,

Примеры расчета углов смещения диаграммы тангенциальных усилий

Пример 1.

Двигатель четырехтактный, V-6:
- порядок работы цилиндров 10-4-2-5-3-6;
- порядковый номер вспышек 1-2-3-4-5-6;
- интервал между вспышками $\theta = 90°\text{-}150°\text{-}90°\text{-}150°\text{-}90°$.

Угол смещения графика тангенциальных сил, например, для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра составляет:

$$\Psi_5 = 720°\text{-}(90°+150°+90°).$$

Аналогично производится расчет для остальных цилиндров.

Пример 2.

Двигатель четырехтактный, V-8:
- порядок работы цилиндров 1-5-4-2-6-3-7-8;
- порядковый номер вспышек 1-2-3-4-5-6-7-8;
- интервал между вспышками $\theta = 720°/8 = 90°$.

Угол смещения графика тангенциальных сил для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра, составляет:

$$\Psi_5 = (8\text{-}2+1)90° = 630°.$$

Аналогично производится расчет для остальных цилиндров.

Приложение 17

Коэффициенты взаимодействия движителей тракторов с опорной поверхностью (f – коэффициент сопротивления движению, φ – коэффициент сцепления)

Агрофон	Гусеничные тракторы		Колёсные тракторы		
	f	φ	f	φ Сухая поверхность	φ Мокрая поверхность
Асфальт или бетон	0.06	0,8	0,018…0.032	0,7…0,8	0,4…0,5
Дорога грунтовая сухая, удовл. состояние	0,05…0,07	0,9…1,1	0,03…0,05	0,6…0,8	-
Дорога грунтовая, укатанная:					
	0,06…0,07	0,9…1,0	0,03…0,04	0,65…0,8	0,3…0,4
На глинистом грунте	0,08…0,09	1,0…1,1	0,04…0,05	0,6…0,7	0,3…0,45
На песчаном грунте	-	0,9…1,2	0,05	0,6…0,7	-
На чернозёме Снежная укатанная	0,06…0,07	0,5…0,7	0,025…0,04	0,3…0,4	-
Дорога грунтовая, неровная и грязь	-	-	0,05…0,10	-	-
Булыжное покрытие	-	-	0,035…0,045	-	-
Мягкая песчаная дорога	0,10	-	-	-	-
Лут:					
Скошенный	0,075	1,1…1,2	0,07…0,09	0,7…0,8	0,5…0,6
Нескошенный	-	0,9…1,0	0,08…0,10	0,6…0,7	0,4…0,5
Целина, плотная залежь	0,06...0,07	1,0...1,2	0,05...0,07	0,7...0,9	-
2,3-летняя залежь	0,06...0,07	0,9...1,1	0,06...0,08	0,6...0,8	-
стерня	0,06...0,09	0,8...1,0	0,08...0,10 0,10...0,12	0,6...0,8	0,5
Залежь сухая, дёрн	0,07	1,0	-	0,7	-
Слеж. пахота	0,08...0,09	0,6...0,7	0,12...0,14	0,4...0,6	-
Поле:					
Свежевспаханное	0,10...0,12	0,7	0,18...0,22	0,3...0,6	-
культивированное	0,08...0,12	0,6...0,7	0,16...0,20	0,4...0,6	-
вспаханное	0,18...0,11	0,6...0,8	0,12...0,18	0,5...0,7	-
Песок:					
Влажный	0,10...0,12	0,5...0,6	0,08...0,15	-	0,4...0,6
Сухой	0,09...0,15	0,4...0,55	0,15...0,30	0,2...0,3	-
Глубокая грязь	0,10...0,15	0,4...0,5	-	-	-
Глубокий снег (0,4 м)	0,18	0,25	0,18...0,20	-	0,2...0,25
Болото задернелое	0,12...0,18	0,3...0,4	0,20...0,25	-	0,2...0,25
Болотно-торфяная целина осушенная	0,11...0,14	0,4...0,6	-	-	-

Приложение 18

Передаточные числа главной и конечной передач некоторых тракторов

Марка трактора	Передаточное число главной передачи, $i_г$	Передаточное число конечной передачи, $i_{кп}$
Т-30-69	2,38	4,75
ВТЗ-2032	2,38	4,75
МТЗ-80	3,4	5,3
Белорус 1221	3,4	5,3
Белорус 1523	3,4	5,3
Т-25-А1	2,38	4,75
ЮМЗ-6М	3,4	5,3
Т-150К	4,45	4,6
К-701	6	2,92
К-744	6	2,92
МТЗ-55А	3,47	6,3
ДТ-75Д	4,5	5,55
ВТ-100	4,5	5,55
Т-4А.01	3,63	4,39
Т-150	4,45	4,6
ВТ-200	4,5	5,55

Приложение 19

Краткая техническая характеристика отечественных колёсных тракторов

Показатели	Беларус-1221	Т-25А	ЮМЗ-6Л	К-744	К-701	ЛТЗ-55А
Тяговый класс	1,4	0,6	1,4	5	5	0,9
Марка двигателя	Д-245	Д-21А	Д-65Н	ЯМЗ-238НД	ЯМЗ-240НБ	Д-144
Колесная формула	4×4	4×2	4×2	4×4	4×4	4×4
Номинальная частота вращения коленчатого вала	2100	1800	1750	1500	1500	1800
Номинальная мощность	77,96	19,5	45,6	221	230	36,8
Размер шин задних колёс	18,4R38	9,5-32	15,5-38	28,1R26	28,1R	26
Удельный расход топлива	226	235	238	220	228	
Заправочные жидкости	340	81	233	948	949	
Эксплуатационная масса	5300	1800	3350	14900	12500	3075

Приложение 20

Краткая техническая характеристика отечественных гусеничных тракторов

Показатели	ДТ-75Д	ВТ-150Д	ВТ-200	Т-4А	ХТЗ-150
Тяговый класс	3	3	3	4	3
Марка двигателя	Д-440	Д-442	СМД-62	А-0,1	СМД-61
Номинальная частота, $мин^{-1}$	1750	1850	2000	1750	2000
Номинальная мощность, кВт	70	110	125	130	117
Удельный расход г/(кВт·ч)	238	228	228	173	
Заправочные жидкости, кг	411	514	516	501	506
Эксплуатационная масса, кг	7530	7820	7600	8870	8110
Длина звена гусеницы, мм	170	174	170	175	174
Число активно действующих зубьев звёздочки	14	14	13	14	14

Приложение 21

Аэродинамические показатели и размер шин автомобилей

Марки автомобилей	Показатели	
	Коэффициент обтекаемости, $Н·с^2·м^{-4}$	Размер шин, дюйм
1	2	3
ГАЗ-66	0,686	12-18
ГАЗ-52	0,686	7,50-20
ГАЗ-53А	0,686	8,25-20
ЗИЛ-130	0,686	260-508Р (9-20)
КамАЗ-5320	0,686	260-508Р (9-20)
МАЗ-500	0,686	11-20
УРАЛ-377		1100×400-533
ЗИЛ-131	0,882	12-20
ИЖ-2715 (27151)		6,45-13
ЕрАЗ-726В		7-15
УАЗ-451М(452)		8,4-15
УАЗ-51ДМ(452Д)		8,4-15
ЗАЗ-968М «Запорожец»		6,15-13
ВАЗ-2106 «Жигули»	0,245	6,45-13
АЗЛК-2140 «Москвич»		6,45-13
ГАЗ-31-02 «Волга»		205/70Р14
ВАЗ-2121 «Нива»		6,95-16
УАЗ-469		8,40-15
ВАЗ-2101 «Жигули»	0,245	6,15-13
АЗЛК-412 «Москвич»	0,245	6,45-13
ГАЗ-24 «Волга»	0,206	7,35-14
ГАЗ-21 «Волга»	0,206	6,70-15
ГАЗ-20 «Победа»	0,245	6-16
ГАЗ-13 «Чайка»	0,245	8,20-15

Примечание. Коэффициент обтекаемости легковых автомобилей 0,2-0,3 $Н·с^2·м^{-4}$, грузовых 0,5-0,7 $Н·с^2·м^{-4}$.

Приложение 22

Средние значения коэффициента сопротивления воздуха по типам автомобилей

Тип автомобиля	Коэффициент сопротивления воздуха
Легковые автомобили:	
с открытым кузовом	0,040-0,050
с закрытым кузовом	0,020-0,035
высокой обтекаемости	0,015-0,020
Грузовые автомобили	0,060-0,070

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Цель и задачи курсового проекта 4

2. Общие методические рекомендации для выполнения курсового проекта 5

3. Выбор и обоснование исходных данных с учетом индивидуального задания 9

4. Расчет двигателя внутреннего сгорания 13

4.1. Расчет рабочего цикла и показателей двигателя 13

4.1.1. Процесс впуска 13

4.1.2. Процесс сжатия 17

4.1.3. Процессы смесеобразования и сгорания 17

4.1.4. Процессы расширения и выпуска 22

4.1.5. Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя 23

4.1.6. Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ 29

4.1.7. Расчет теплового баланса двигателя 30

4.1.8. Расчет и построение индикаторной диаграммы 32

4.2. Динамический расчет двигателя внутреннего сгорания 34

4.2.1. Анализ схемы сил, действующих в КШМ проектируемого двигателя 34

4.2.2. Обоснование входных параметров и методы динамического расчета двигателя 38

4.2.3. Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца 39

4.2.4. Расчет и построение диаграммы тангенциальной силы и крутящего момента двигателя 42

4.2.5. Расчет маховика проектируемого двигателя 45

4.2.6. Расчет подшипника кривошипной головки шатуна 46

5. Тягово-динамический и топливно-экономический расчеты энергетического средства 49
5.1. Тяговый расчет трактора 49
5.1.1. Исходные и основные расчётные параметры для теоретической тяговой характеристики трактора 49
5.1.2. Определение основных параметров для расчёта тяговой характеристики трактора 50
5.1.3. Обоснование эксплуатационной массы трактора 50
5.1.4. Определение радиуса ведущих колёс трактора 51
5.1.5. Определение передаточных чисел трансмиссии 52
5.1.6. Методика расчёта и построения регуляторной характеристики двигателя 55
5.1.7. Методика расчёта показателей тяговой характеристики трактора. 59
5.1.8. Методика графоаналитического построения тяговой характеристики трактора 61
5.2. Динамический и топливно-экономический расчеты автомобиля.. 65
5.2.1. Выбор исходных параметров 65
5.2.2. Подбор двигателя к проектируемому автомобилю 68
5.2.3. Динамический расчет автомобиля..... 70
5.2.4. Расчет топливной экономичности автомобиля..... 80
Рекомендуемая литература..... 86
Приложения..... 87

Учебное издание

Составители:

Володько Олег Станиславович
Быченин Александр Павлович
Мусин Рамиль Магданович

Комплексный расчет энергетического средства

Методические указания для выполнения курсового проекта

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 3.12.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 6,74; печ. л. 7,25.
Тираж 50. Заказ № 420.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства РФ
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарская государственная
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

О. М. Парфенов, С. А. Васильев,
С. А. Иванайский, М. А. Канаев

Основы расчета сельскохозяйственных машин

Методические указания
для выполнения курсового проекта

Кинель
РИО СГСХА
2017

УДК 631.3(07)
ББК 40.72Р
П-18

Парфенов, О. М.
П-18 Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания / О. М. Парфенов, С. А. Васильев, С. А. Иванайский, М. А. Канаев. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 60 с.

В методических указаниях на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин, приведена методика выполнения курсового проекта и варианты конкретных заданий.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарская ГСХА, 2017
© Парфенов О. М., Васильев С. А., Иванайский С. А., Канаев М. А., 2017

Предисловие

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями рабочей программой по изучению дисциплины.

Цель данных методических указаний – закрепление теоретических знаний обучающихся и получение навыков определения необходимых значений экспериментальных данных, используемых при проектировании пахотных агрегатов, компоновки рабочих органов и узлов в целом, с последующим их использованием в расчетах технологических и эксплуатационных параметров проектируемой машины.

Курсовой проект разработан на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин и литературных источников, указанных в рабочей программе по изучаемому курсу.

Курсовое проектирование является частью освоения дисциплины «Основы расчета сельскохозяйственных машин», а ее успешное освоение во многом зависит от самостоятельного изучения и решения конкретной практической задачи, направленной на проектирование отдельных узлов и машины в целом. При выполнении курсового проекта рассчитываются основные конструктивные параметры, обеспечивающие выполнение технологического процесса работы в производственных условиях.

Выполнение курсового проекта является одной из форм самостоятельной подготовки обучающихся, включающее в себя проведение технологических расчетов с разработкой корпуса плуга и проектировании пахотного агрегата.

Процесс выполнения курсового проекта по дисциплине «Основы расчета сельскохозяйственных машин» направлен на формирование следующих компетенций (в соответствии с ФГОС ВО и требованиями к результатам освоения ОПОП):

- готовность профессиональной эксплуатации машин и технологического оборудования и электроустановок;
- способность использовать современные методы монтажа, наладки машин и установок, поддержания режимов работы электрофицированных и автоматизированных технологических процессов, непосредственно связанных с биологическими объектами.

1. Цель и задачи курсового проекта

Целью курсового проекта по дисциплине «Основы расчета сельскохозяйственных машин» является отработка навыков использования теории в решении конкретных инженерных задач, содействие в общем плане подготовки высококвалифицированных бакалавров, усвоении технологии пахоты почвы, грамотной организации эксплуатации и ремонта сельскохозяйственной техники.

В задачу курсового проекта входит ознакомление с типами отвальных поверхностей корпуса плуга, оценка энергоемкости процесса, агротехническими требованиями к пахотным агрегатам, проведение и анализ кинематического и динамического исследований проектируемого пахотного агрегата. По исходным данным спроектировать корпус плуга, провести кинематическое и динамическое исследование, спроектировать пахотный агрегат.

Курсовой проект включает два листа формата А1 графической части и пояснительную записку формата А4 объемом 20…25 страниц машинописного текста. Пояснительная записка должна содержать краткие лаконичные сведения по существу задания, расчетную часть, согласно варианта задания, и соответствующие расчетные схемы. Оформление пояснительной записки и графической части должно соответствовать требованиям ЕСКД и международной системе единиц СИ.

2. Содержание пояснительной записки

Пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

1. Задание на выполнение курсового проекта.
2. Реферат.
3. Содержание.
4. Введение.
5. Проектирование пахотного агрегата.
   - 5.1. Агротехнические требования.
   - 5.2. Проектирование лемешно-отвальной поверхности.
   - 5.3. Проектирование схемы пахотного агрегата.
   - 5.4. Кинематическое исследование.
   - 5.5. Динамическое исследование.
6. Организация использования пахотного агрегата.
   - 6.1. Подготовка плуга к работе.
   - 6.2. Подготовка поля.
   - 6.3. Организация работы пахотного агрегата.
   - 6.4. Контроль качества вспашки.
   - 6.5. Техника безопасности.
7. Заключение.
8. Список использованной литературы.

3. Агротехнические требования

Основные агротехнические требования к плугам отражают качественные показатели их работы и не отражают технические показатели работы всего агрегата. Ниже приведены общие необходимые требования к пахотным агрегатам. В связи с этим, перед обучающимся ставится задача по усовершенствованию пахотных агрегатов. Общие требования можно представить в следующем виде:

- вспашка почвы должна производиться в установленные для данной зоны агротехнические сроки на заданную глубину плугами с предплужниками. Это обеспечит полную глубокую заделку пожнивных и растительных остатков, а также органических и минеральных удобрений;

- вспашка должна производиться прямолинейными бороздами. Не допускаются разъемы между отдельными проходами или другие огрехи, которые обуславливают наличие гряд на поле;

- плуг должен обеспечить ровную слитную или слаборебристую поверхность пашни. Не допускаются глубокие разъемные борозды и высокие свальные гребни. Показатель слитности должен быть равен 0,8...0,9. Он определяется как отношение длины поля по прямой линии поперек хода плуга до вспашки к длине ломаной линии рельефа пашни в той же плоскости после прохода плуга;

- пласт должен быть хорошо раскрошен и состоять из комочков диаметром менее 5 см. В этом случае показатель крошения пласта равен единице. Соотношение капиллярной и некапиллярной скважности наиболее благоприятное и составляет, соответственно, 66 % и 34 %;

- вспушенность почвы определяется как отношение прироста пласта к глубине вспашки без учета вспушивания, должна быть оптимальной для данной зоны. Под оптимальной вспушенностью понимается такая, при которой будет иметь место оптимальная общая скважность, равная 55 %. Если почва до вспашки имеет общую скважность 42...43 %, то вспушенность почвы должна составлять 29...31 %. Чрезмерное вспушивание обеспечивает более высокую общую скважность, в результате чего увеличивается потеря влаги от испарения, что весьма нежелательно в засушливых условиях Юго-Востока;

- степень рыхления почвы, определяемая как отношение произведения ее вспушивания при вспашке на фактическое крошение к произведению оптимального значения вспушивания на оптимальный показатель крошения, должна составлять 0,9...1,0;

- коэффициент устойчивости рыхления почвы при вспашке зяби, представляющий собой отношение общей скважности почвы в момент ее замерзания к общей скважности, полученной при вспашке, должен быть равным 0,4...0,5. При меньшем значении коэффициента устойчивости рыхления будет иметь место повышенный сток талых вод весной, следовательно, и водная эрозия почвы;

- глыбистость поверхности пашни должна быть минимальной. Это важно особенно при подготовке почвы под посев озимых культур;

- плуг должен обеспечить хорошую заделку растительных остатков и органических удобрений. Степень заделки определяется как отношение глубины заделки к глубине вспашки и должна составлять не менее 0,5...0,6;

- плуг должен иметь устойчивый ход по глубине вспашки в продольном и в поперечном направлениях. Отклонение средней глубины вспашки от заданной глубины не должно превышать ±2 см;

- плуг должен иметь устойчивый ход по ширине захвата. Отклонение средней ширины захвата от расчетной не должно превышать ±5 %;

- конструкция рамы плуга и расположение его рабочих органов не должны вызывать забиваемость плуга почвой и растительными остатками;

- рабочая часть корпусов и предплужников должна иметь гладкую поверхность, а стойки обтекаемую форму с тем, чтобы не было очагов залипания почвой;

- плуг должен легко агрегатироваться с трактором и иметь согласованность ширины захвата с колеёй трактора;

- конструкция плуга должна обеспечивать безопасность и удобство технического обслуживания;

- безопасность перевозки плуга обеспечивается при наличии транспортного просвета не менее 250...300 мм;

- агрегат должен быть маневренным с тем, чтобы сократить время на холостые переезды и уменьшить ширину поворотной полосы;

- крюковая нагрузка, вызванная сопротивлением плуга, не должна оказывать влияния на легкость управления пахотным агрегатом;

- коэффициент эксплуатационной надежности пахотного агрегата должен быть равен 0,95.... 1,0;

- пахотный агрегат должен обеспечивать высокую производительность. Этот показатель может быть выражен в виде часовой хозяйственной производительности на 1 метр ширины захвата плуга при данных удельном сопротивлении почвы, глубине пахоты и скорости движения. Его можно выразить и в виде отношения часовой

хозяйственной производительности к теоретической производительности на 1 метр ширины захвата. Коэффициент производительности должен составлять 0,9…0,95;

- коэффициент полезного действия пахотного агрегата должен быть не менее 0,5. Он определяется как отношение мощности, необходимой для выполнения полезной работы, а именно пахоты, к мощности двигателя трактора;

- прямые эксплуатационные затраты на обработку одного гектара должны быть минимальными. Удельное сопротивление плуга всегда больше удельного сопротивления почвы за счет вредного сопротивления трения и несовершенства рабочих органов плуга в целом. Поэтому все и конструкторские изыскания должны быть направлены на снижение удельного сопротивления плуга.

4. Проектирование пахотного агрегата

4.1. Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга

В зависимости от назначения плуга, лемешно-отвальная поверхность корпусов плуга может быть: цилиндрической, цилиндроидальной культурной, полувинтовой и винтовой.

Проектируемые цилиндроидальные отвалы образуются движением образующей прямой по направляющей кривой, расположенной в плоскости, перпендикулярной дну борозды и лезвию лемеха. Направляющая кривая для культурного отвала расположена от носка лемеха на расстоянии 2/3 длины лезвия лемеха и проходит через пятку лемеха для полувинтового отвала. В качестве направляющей кривой принимается парабола.

Академик В. П. Горячкин разработал кинематическую и динамическую теорию отвала и графический анализ отвалов различных типов. На основе его теории проектирование цилиндроидальных отвалов производится по методу профессора Н. В. Щучкина графическим способом. Проектирование отвала производится на листе формата А1, в масштабе 1:2,5 или 1:4 (допускается в рамках исключения 1:3).

Порядок проектирования отвала

1. Построить профиль борозды.
2. Построить поперечно-вертикальную проекцию отвала:

- построить полевой обрез;
- построить верхний обрез;
- построить бороздной обрез.

3. Нанести положение образующей по высоте, на поперечно-вертикальной проекции.
4. Построить лезвие лемеха на горизонтальной проекции и нанести след плоскости, в которой лежит направляющая кривая.
5. Построить направляющую кривую. Точки пересечения образующей по высоте с направляющей кривой спроектировать на след плоскости на горизонтальной проекции.
6. Построить график изменения угла γ.
7. Нанести образующие на горизонтальной проекции.
8. Вычертить контур отвала на горизонтальной проекции.
9. Нанести линию стыка лемеха с отвалом на поперечно-вертикальной проекции.
10. Нанести линию стыка лемеха с отвалом на горизонтальной проекции и линию заднего обреза лемеха.
11. Наметить линию заднего обреза лемеха на поперечно-вертикальной проекции.
12. Построить продольно-вертикальную проекцию.
13. Построить шаблоны.
14. Построить развертку отвала.
15. Построить кривые изменения угла β на вертикальной проекции.
16. Построить кривые изменения угла α на продольно-вертикальной проекции.

4.1.1. Построение профиля борозды

Данные для проектирования принимаются по варианту из приложения 1. Профиль борозды строится на основании заданных параметров поперечного сечения пласта, т.е. шириной захвата корпуса плуга b и глубиной вспашки a. Минимальная устойчивость пласта возможна при коэффициенте устойчивости пласта $K = b/a = 1{,}27$, на практике эта величина принимается равной $K = 1{,}4\ldots1{,}5$.

Для построения профиля борозды необходимо провести вертикальную линию слева на расстоянии 1/3 ширины листа, расположенного вертикально, и горизонтальную линию, отступив от верхней части листа расстояние $\sqrt{a^2+b^2}+40...50$ мм. Пересечение

этих линий будет определять местоположение носка лемеха A в поперечно-вертикальной плоскости. Откладываем по горизонтальной линии, приняв ее за основание дна борозды, точку B, (рис. 1) соответствующую пятке лемеха. Вычерчиваем пласт $ABCД$ заданных размеров.

Отрезанный пласт лезвием лемеха по линии AB и полевым обрезом по линии $AД$ поднимается по отвалу и устанавливается в вертикальное положение, поворачиваясь вокруг ребра B. При дальнейшем перемещении по поверхности отвала пласт крылом отвала поворачивается вокруг ребра C' и укладывается, под углом δ к горизонту. Точка A' располагается на линии поверхности поля. Профиль борозды очерчивается ломаной линией $Д$, A, C', B', A_1', $Д_1'$. После построении профиля борозды вспомогательные линии, отражающие кинематику пласта, можно удалить.

4.1.2. Построение поперечно-вертикальной проекции

а) Построение полевого обреза.

Полевой обрез обращен в сторону непаханого поля. Определить на поперечно-вертикальной проекции (лобового контура отвала) положение верхней точки P обреза и соединить ее с точкой A носка лемеха. Высота полевого обреза H принимается равной ширине захвата корпуса плуга. Точка P отклонена от вертикали в сторону борозды на величину 5…10 мм, что уменьшает силу трения и износ полевого обреза, особенно при работе с дисковыми ножами. На линии дна борозды намечается проекция лезвия лемеха, равная ширине захвата корпуса плюс Δb = 20…25 мм с целью обеспечения более полного подрезания пласта и корней растений, т. е. обеспечивается перекрытие лемехов.

б) Построение верхнего обреза.

Максимальная высота отвала определяется траекторией движения точки A пласта при его повороте и равна диагонали пласта, т. е.:

$$H_{max} = \sqrt{a^2 + b^2}, \text{ см} \qquad (1)$$

Верхняя точка q верхнего обреза (рис. 2) откладывается на вертикальной линии, проходящей через точку B. На вертикальной линии от точки B откладываем отрезок $Bq = H_{max}$. Точку q соединяем с точкой P и прямую Pq делим пополам.

Из точки q' восстанавливаем перпендикуляр к линии Pq. Точка пересечения O перпендикуляра с продолжением вертикальной линии Bq это центр, из которого радиусом OP проводится дуга Pq, которая и является верхним обрезом корпуса плуга.

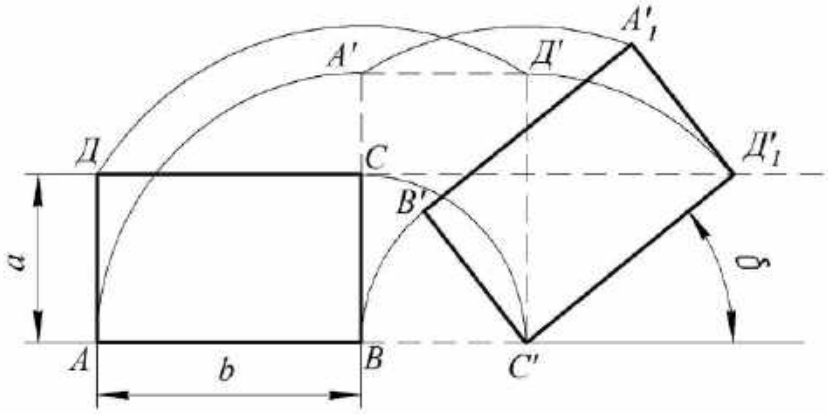


Рис. 1 Построение профиля борозды

Для построения второй части верхнего обреза дуги qn необходимо определить положение точки n. Для этого строится положение, отваленного пласта с увеличенной глубиной на $\Delta a = 2{,}5$ см. с целью исключения задира пласта крылом отвала и снижения трения полевого обреза об отваленный пласт почвы. Точка n берется посредине грани отваленного пласта с увеличенной глубиной пахоты. Соединяем точки n и q, из середины этого отрезка (точка m) восстанавливаем перпендикуляр до пересечения с линией Oq, а из точки O_1 радиусом O_1m проводится дуга до сопряжения с дугой qP. Этим завершается построение верхнего обреза корпуса плуга.

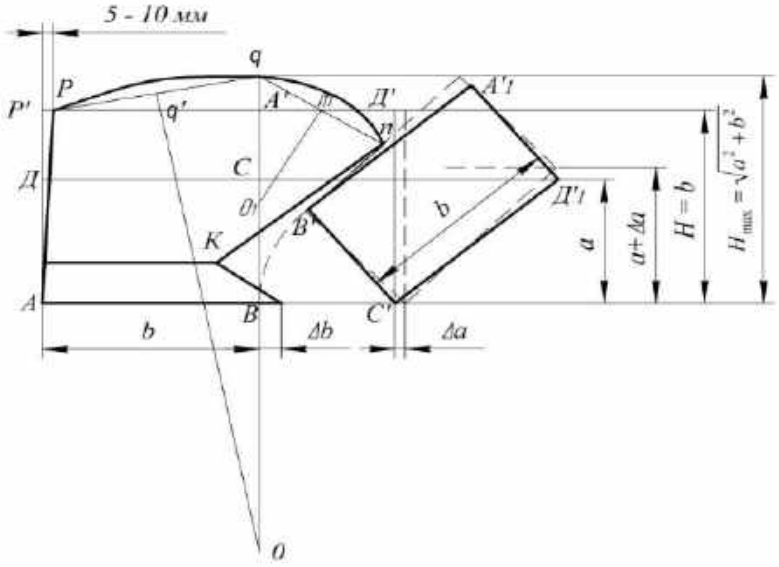


Рис. 2. Построение поперечно-вертикальной проекции отвала

Бороздной обрез nK проводится через точку n параллельно грани A'_1-B', отваленного пласта. Такое построение бороздного обреза обеспечивает необходимый зазор между пластом и бороздным обрезом, который исключает задир пласта крылом отвала. Точка К и линия стыка лемеха с отвалом и правый обрез лемеха вычерчивается после построения горизонтальной проекции отвала.

4.1.3. Построение графика изменения угла γ

Постановка лемеха к дну борозды (ε) и к стенке борозды (γ°_0), а также расположение груди отвала (γ°_{min}) и крыла его (γ°_{max}) относительно стенки борозды определяют собой форму поверхности отвала.

При проектировании отвала необходимо определить, какой тип отвала подлежит проектированию. Тип отвала определяется исходя из заданных значений γ_0, γ_{min}, γ_{max} согласно таблице 1.

Таблица 1

Значение углов характеризующих типы отвалов

№ п/п	Тип отвала	Угол ε°	Угол γ°_0	Изменение угла γ по высоте отвала, в градусах	
				$\Delta\gamma_1 = \gamma_0 - \gamma_{min}$	$\Delta\gamma_2 = \gamma_{max} - \gamma_{min}$
1	Культурный	30	42	1…2	2-7
2	Полувинтовой	25	40	2…4	7-15
3	Винтовой	20	35	1…2	≥15

Дальнейший порядок построения сводится к следующему (рис. 3, 4):

1. На поперечно-вертикальной проекции наносятся проекции образующих. Проекции образующих желательно наносить через равные промежутки в количестве 10 штук, т. е. максимальную высоту H_{max} разделить на 10 равных частей.

2. Выбрать высоту расположения образующей с минимальным углом наклона γ_{min}. Целесообразно образующую с минимальным углом наклона совместить со второй образующей, при этом лезвие лемеха считать нулевой образующей.

3. В соответствии с выбранной закономерностью $\gamma=f(z)$ вычисляются соответствующие значения углов от γ_0 до γ_{min} и от γ_{min} до γ_{max} для всех положений образующей.

Культурные отвалы характеризуются изменением угла γ в виде параболы, представленной на рисунке 3, которая описывается уравнением:

$$y = \frac{6{,}2x^2}{x^2 + 100}, \qquad (2)$$

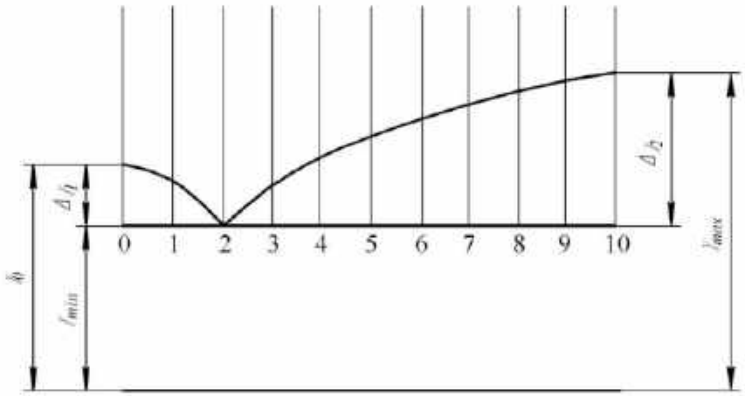


Рис. 3 График изменения угла γ для культурного типа отвала

График изменения угла γ может располагаться слева от лобовой проекции отвала или на свободном месте листа, для чего необходимо продлить образующие, нанесенные на лобовой проекции, на которых от выбранного значения γ_{min} в определенном масштабе откладывается значение угла. Начало координат располагается в точке 2 (рис. 3), соответствующей высоте образующей с минимальным значением угла γ.

Значение масштабов для ветви кривой, расположенной от γ_0 до γ_{min} и от γ_{min} до γ_{max} определяется по формулам:

$$\lambda_1 = \frac{\lambda_0 - \gamma_{min}}{y_0}; \qquad \lambda_2 = \frac{\gamma_{max} - \gamma_{min}}{y_{max}}. \tag{3}$$

Зная масштаб λ и пользуясь формулой (2), можно найти значения угла γ для образующей, расположенной на любой высоте x, так как:

$$\gamma = \gamma_{min} + \Delta\gamma = \gamma_{min} + \lambda_i y_i = \gamma_{min} + \lambda \frac{6{,}2x_i^2}{x_i^2 + 100}. \tag{4}$$

Ниже показан порядок вычисления угла γ на конкретном **примере.**

Дано: $\gamma_0 = 42°$, $\gamma_{min} = 40°30'$ и $\gamma_{max} = 46°$. Рассчитано $H_{max} = 48$ см.

Проекции образующих на поперечно-вертикальной проекции нанесены через 4,8 см. Принимаем, что образующая с минимальным углом наклона расположена на высоте $Z_1 = 9{,}6$ см от дна борозды. Расчет ведется отдельно для левой и правой ветви кривой и результаты сводятся в таблицы 2 и 3.

Таблица 2

Промежуточные значения угла γ для левой ветви

Z, см	0	4,8	9,6
$x = Z - Z_1$	9,6	4,8	0
$y = \frac{6{,}2x^2}{x^2 + 100}$, см	2,96	1,16	0
$\Delta\gamma_i = \lambda_i y$	1,49	0,58	0
$\Delta\gamma_i{}^\circ$	1°30′	0°38′	0
$\gamma_i{}^\circ = \Delta\gamma_{min}^\circ + \Delta\gamma_i{}^\circ$	42°	41°08′	40°30′

Таблица 3

Промежуточные значения угла γ_i для правой ветви

Z, см	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48
$x = Z - Z_1$	4,8	9,6	14,4	19,2	24	28,8	33,6	38,4
$y = \frac{6{,}2x^2}{x^2 + 100}$, см	1,12	2,97	4,25	4,87	5,28	5,53	5,66	5,81
$\Delta\gamma = \lambda y$	1,06	2,82	4,04	4,63	4,98	5,25	5,38	5,52
$\Delta\gamma^\circ$	1°18′	2°52′	4°24′	4°37′	4°59′	5°15′	5°22′	5°30′
$\gamma_i{}^\circ = \Delta\gamma_{min}^\circ + \Delta\gamma_i{}^\circ$	41°48′	43°22′	44°54′	45°07′	45°29′	45°45′	45°52′	46°

Минимальное значение y_0 соответствует значение x_0, т. е.:

$$x_0 = Z - Z_1 = 0 - 9{,}6 = -9{,}6 \text{, см.}$$

$$y_0 = \frac{6{,}2 \cdot (-9{,}6)^2}{9{,}6^2 + 100} = \frac{6{,}2 \cdot 92{,}16}{192{,}16} = 2{,}96 \text{, см.}$$

Масштаб $\lambda_1 = \frac{\gamma_0 - \gamma_{min}}{y_0} = \frac{42 - 40°30'}{2{,}96} = 0{,}506$, град/см.

Правая ветвь. Максимальное значение x_{max} будет равно:

$$Z_{max} = H_{max} - Z_1 = 48 - 9{,}6 = 38{,}4 \text{ , см.}$$

$$y_0 = \frac{6{,}2 \cdot x^2}{x^2 + 100} = \frac{6{,}2 \cdot 38{,}4^2}{38{,}4^2 + 100} = 5{,}81 \text{ , см.}$$

Масштаб $\lambda_2 = \frac{\gamma_{max} - \gamma_{min}}{y_{max}} = \frac{46° - 40°30'}{5{,}81} = 0{,}95$, град/см.

Закономерность изменения угла γ с полувинтовым типом отвалов описывается уравнением параболы вида:

$$y = \frac{x^2}{2P}. \tag{5}$$

Для вычисления промежуточных значений угла γ необходимо определить раздельно для левой и правой ветви кривой значение параметров P' и P. Параметры P' и P выбираются в зависимости от масштаба λ для угла γ и определяются по граничным значениям углов. Масштаб $\lambda = 1$ град/см.

Зная параметр и пользуясь формулой (5), можно найти значения угла γ для образующей, расположенной на любой высоте x, так как при λ=1.

$$\gamma = \gamma_{min} + \Delta\gamma = \gamma_{min} + y = \gamma_{min} + \frac{x^2}{2P}. \tag{6}$$

Для левой ветви параметр $2P'$ определяется по формуле:

$$2P' = \frac{x_0^2}{\gamma_0 - \gamma_{min}}. \tag{7}$$

Для правой ветви параметр $2P'$ определяется по формуле:

$$2P = \frac{x_{max}^2}{\gamma_{max} - \gamma_{min}}, \tag{8}$$

где, $x = Z - Z_1$.

Аналогично, как и для культурного отвала строится таблица для подсчета текущих значений угла γ.

При проектировании полувинтовых отвалов определение промежуточных значений угла γ можно выполнить графическим способом, для этого нужно выбрать наиболее удобный масштаб. (1 град/см).

Определив $\Delta\gamma_1$ и $\Delta\gamma_2$ по оси абсцисс, откладываем интервалы, как и на лобовой проекции. По оси ординат откладываем в выбранном масштабе значения $\Delta\gamma_1$ и $\Delta\gamma_2$, затем их разбиваем на такое же количество интервалов сколько интервалов от Z_0 до Z_1 и от Z_1 до точки Z_{MAX}. Одноименные точки соединяем лучами, исходящими из точки 2 (рис. 4). Точки пересечения соответствующих лучей и ординат соединяем плавной кривой, которая и является искомой кривой, характеризующей изменение: угла γ.

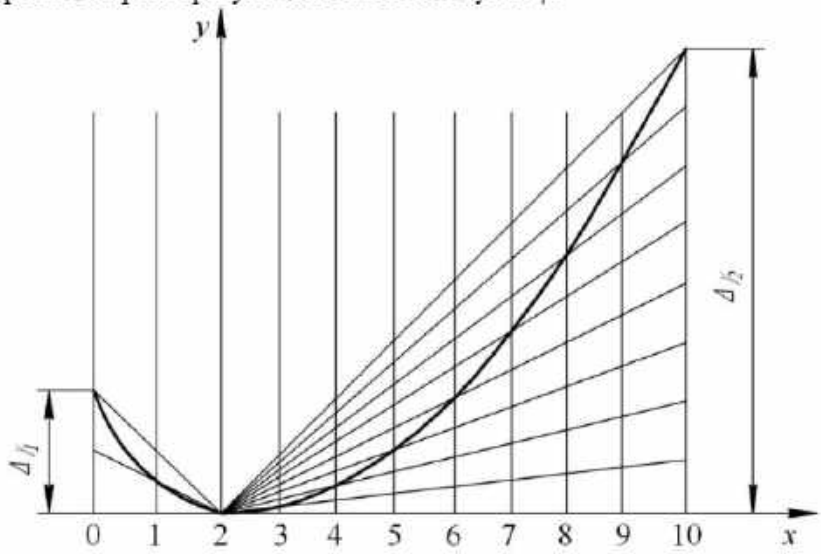


Рис. 4. График изменения угла γ для полувинтового типа отвала

4.1.4. Построение направляющей кривой

Направляющая кривая это кривая, по которой образующая, перемещаясь, описывает поверхность отвала с заданными параметрами. Направляющая кривая лежит в плоскости перпендикулярной лезвию лемеха и дну борозды и расположена на расстоянии 2/3 длины лезвия лемеха от носка лемеха для культурного отвала и проходит через пятку лемеха для полувинтового отвала.

В качестве направляющей кривой принимается парабола, построенная на дуге окружности радиуса R. Величина радиуса R определяет собой размеры направляющей кривой и рабочей поверхности отвала. Чтобы пласт мог целиком поместиться на отвале и не пересыпался через его верхний обрез, требуется рассчитать радиус R.

Точное значение радиуса R определяется по формуле:

$$R = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{\cos\varepsilon + \Delta\varepsilon}, \qquad (9)$$

где a – глубина вспашки, см;

b – ширина захвата корпуса, см;

ε – угол постановки лемеха к дну борозды, град;

$\Delta\varepsilon$ – приращение угла, радиан.

Порядок построения направляющей кривой.

На оси У, представляющей дно борозды (рис. 5), намечаем точку М, где будет расположен носок лемеха. Точку М на линии дна борозды необходимо отложить правее точки A_1 отваленного пласта (рис. 6). Из точки М под углом ε к дну борозды проводят линию. Перпендикулярно к этой линии из точки М проводим прямую в сторону поперечно-вертикальной проекции и откладываем на ней точку O_1, на расстоянии равной R. Из точки O_1 проводим дугу с углом при вершине $(90^0\text{-}\varepsilon)$. Для лучшего оборачивания пласта предусматривают увеличенный подгиб крыла отвала на величину $\Delta\varepsilon$, продолжая дугу окружности до точки О. Величина угла $\Delta\varepsilon$ принимается равной 4…5° для культурных отвалов и 8…10° для полувинтовых.

Построение направляющей кривой на дуге МО производится следующим образом:

а) от точки М откладывают отрезок S по линии Мм равный ширине плоской части лемеха. Величина отрезка S зависит от глубины пахоты a и находится в пределе S = 50…60 мм. Ширина лемеха t принимается в интервале 120…130 мм.

б) в точке O проводим касательную к дуге MO до пересечения с линией Мм; угол Θ между касательными равен $\Theta = 90 + \varepsilon - \Delta\varepsilon$ и составляет: у культурных отвалов 115° и у полувинтовых 110°;

в) отрезки касательных Ом и (Мм - S) делим на произвольное, но равное число частей и нумеруем в последовательности указанной на рисунке 5. Одноименные точки соединяем прямыми 1-1; 2-2 и т. д.

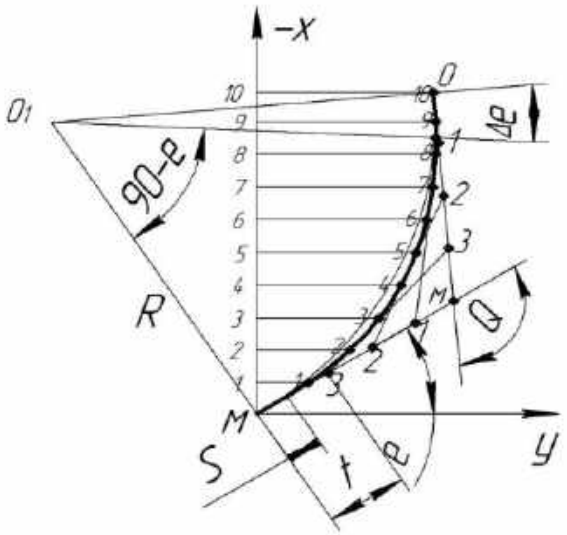


Рис. 5. Построение направляющей кривой

Направляющая кривая представляет собой вписанную дугу к этим прямым и представляет собой параболу.

На вертикальной оси (М-Х) наносим следы образующих, как на поперечно-вертикальной проекции и обозначаем их 1, 2 и т. д.

4.1.5. Построение горизонтальной проекции

Из точки *A* проводим прямую под углом γ_0 к оси *OX*. Спроектировав с лобового контура правый конец лезвия лемеха на нулевую образующую, получаем горизонтальную проекцию лезвия AB_1. Перпендикулярно к линии лезвия лемеха AB^1 проводим след плоскости *f-f*, в которой лежит направляющая кривая на расстоянии (2/3)*b* от носка лемеха для культурного отвала и через пятку лемеха для полувинтового отвала.

Для дальнейшего построения горизонтальной проекции отвала необходимо предварительно определить положение в плане каждой образующей. Это построение выполняется в следующей последовательности:

1. Через точки 1, 2 и т.д. (рис. 6) проводим горизонтальные линии от оси М-Х до пересечения с направляющей кривой, т. е. проводим горизонтали 1-1, 2-2 и т.д. Точки пересечения с направляющей кривой показывают положение образующей на направляющей кривой.

2. Отыскиваем положение образующих в плане (рис. 6) на следе плоскости *f-f*. Для чего отрезки 1-1, 2-2, 3-3 и т.д. с направляющей кривой откладываем на следе плоскости *f-f*, начиная от лезвия лемеха AB^1. Через эти точки должны проходить образующие под соответствующими углами γ_0, γ_1, γ_2 и т.д. Начальная образующая проходит по линии лезвия лемеха AB^1 под углом γ_0. Проекции всех других образующих требуется построить.

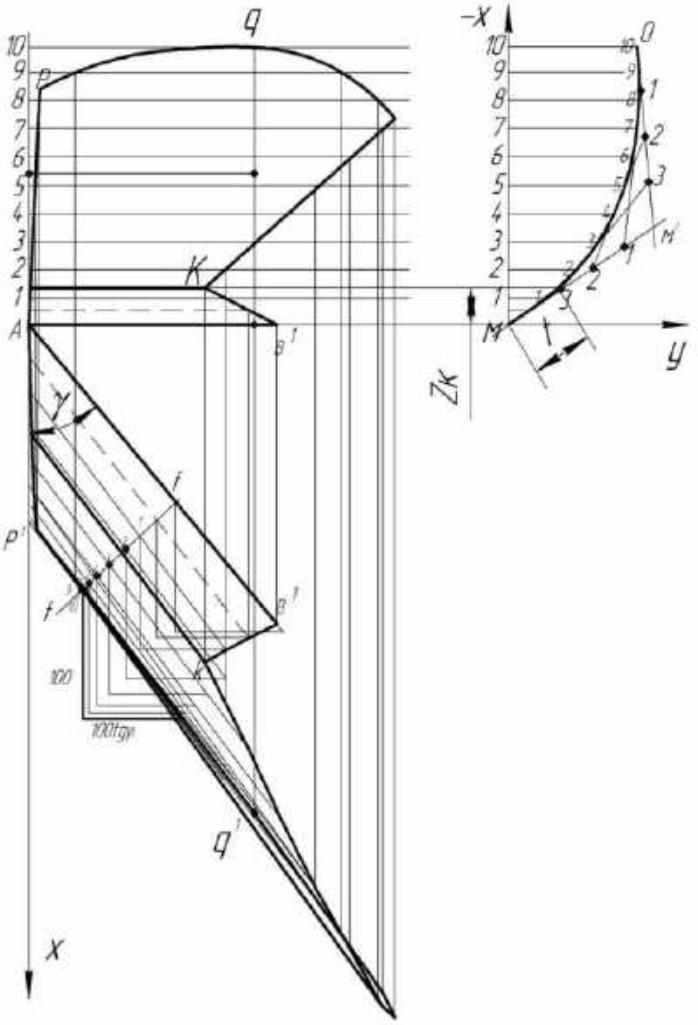


Рис. 6. Схема проектирования горизонтальной поверхности

Построение образующих производится через тангенс угла наклона ее к стенке борозды.

Для этого из точек 1, 2 и т.д. на следе плоскости *f-f* проводят вниз вертикальные прямые длиной по 100 мм. Далее, через концы вертикальных прямых перпендикулярно к ним откладываем вправо отрезки равные $100 \cdot tg\ \gamma_i$. Через полученные точки на горизонтальных вспомогательных линиях и соответствующие точки на следе плоскости *f-f* проводим прямые, которые будут искомыми образующими на горизонтальной плоскости. Их необходимо пронумеровать согласно очередности. Построение горизонтального контура отвала выполняется проецированием точек пересечения поперечно-вертикального контура с образующими на соответствующие образующие на горизонтальной проекции.

Построение ведется в следующем порядке.

Нижний обрез *AB* лобового контура на горизонтальной проекции представлен лезвием лемеха AB^1 (рис. 2 и 6). Полевой обрез представляется прямой линией *AP*, расположенной вдоль борозды или с некоторым наклоном к ней. Верхняя точка *P* полевого обреза на поперечно-вертикальном контуре расположена между 8-й и 9-й образующими и отклонена от вертикали на расстояние 5…10 мм. На горизонтальной проекции точка *P* также располагается между 8-й и 9-й образующими и отстоит от стенки борозды на том же расстоянии, что и на лобовом контуре. Правый обрез *BK* лемеха строят по дополнительной образующей. Высота расположения стыка лемеха с отвалом зависит от ширины лемешной стали, размер которой составляет 120…130 мм. Правый обрез лемеха строят следующим образом:

а) откладываем ширину лемешной стали на направляющей кривой по дуге *MO* (рис. 5); точка *K* расположена над дном борозды на высоте Z_K;

б) на лобовой проекции отвала на высоте Z_K проводим дополнительную образующую (рис. 6); пересечение образующей *K* с контурной линией правого обреза отмечаем в точке *K* положение стыка лемеха с отвалом;

в) точку *K* с направляющей кривой сносим на горизонтальную проекцию на след плоскости *f-f*, через которую проводим образующую аналогично другим образующим. Значение угла γ_K берем из графика $\gamma = f(Z)$ для размера Z_K;

г) точку *K* на лобовой проекции сносим на горизонтальную проекцию на образующую *K-k*, полученная точка *k* на горизонтальной проекции отметит точку стыка лемеха с отвалом;

д) левый конец лезвия лемеха на горизонтальной проекции соединяем с точкой k прямой B^1-k и получаем левый обрез лемеха в плане;

е) левый обрез B^1K лемеха на лобовом контуре получим переносом с горизонтальной проекции точек пересечения контурной линии B^1-k с первой образующей. Можно дополнительно провести образующую (пунктир на рис. 6).

Бороздной и верхний обрезы отвала на горизонтальной проекции строится переносом точек пересечения лобового контура с образующими на соответствующие образующие горизонтальной проекции.

4.1.6. Построение продольно-вертикальной проекции отвала

За основание продольно-вертикальной проекции принимают линию стенки борозды (слева от оси OX). При этом (рис. 7) проекция носка и пятки лемеха на горизонтальной проекции, совмещается с таковыми в продольно-вертикальной плоскости. Далее параллельно оси OX наносят проекции образующих, которые представляются горизонтальными прямым параллельно линии дна борозды расположенные с тем же интервалом, что и на поперечно-вертикальной проекции. Затем проектируем точки пересечения контура отвала с образующими горизонтальной проекции на соответствующую образующую на продольно-вертикальной проекции. Полученные точки соединяем плавной кривой и получаем контур лемешно-отвальной поверхности в продольно-вертикальной плоскости (рис. 7).

Сечения отвала продольно- и поперечно-вертикальными плоскостями дают возможность судить о степени развития углов α (в продольно-вертикальной плоскости) и β (в поперечно-вертикальной плоскости), т.е. судить о технологических свойствах отвала. Угол α характеризует степень крошения пласта при его подъеме по отвалу. Угол β характеризует оборот пласта по мере его перемещения по отвалу. Построение сечений ведут в следующем порядке:

1.На горизонтальной проекции параллельно стенки борозды в произвольном месте, желательно пересечение со всеми образующими, проводят след секущей плоскости $a - a$. (рис. 7) Сечение a - a на продольно-вертикальной проекции строят по точкам пересечения следа секущей плоскости a - a с образующими на горизонтальной проекции, которые проектируются на соответствующую

образующую на продольно-вертикальной проекции. Соединяем точки плавной кривой, которая и характеризует степень изменения угла α в зависимости от высоты подъема пласта по отвальной поверхности в данном сечении. Истинную величину угла в любом сечении и на любой высоте можно определить, проведя касательную к кривой в интересующей нас точке. Величина искомого угла α определится углом между касательной и образующей (рис. 7).

2. На горизонтальной проекции перпендикулярно стенки борозды проводится след секущей плоскости b-b, так, чтобы она рассекала отвал по всей его длине (рис. 7).

Точки пересечения следа плоскости с образующими на горизонтальной проекции проектируем на соответствующие образующие, на лобовой проекции. Кривая, проведенная через полученные точки на лобовой проекции, характеризует степень изменения угла β в зависимости от высоты подъема пласта по поверхности отвала и его перемещения от груди к крылу отвала.

4.1.7. Построение шаблонов

При изготовлении шаблонов используются кривые сечений вертикальными плоскостями, перпендикулярными лезвию лемеха. Чтобы получить форму кривой шаблона без искажения, на горизонтальной проекции отвала наносятся следы секущих плоскостей p-p, k-k, h-h и т.д. через произвольные промежутки. Слева от лобового контура наносятся образующие в таком же количестве и с таким же промежутком между ними.

Перпендикулярно образующим проводятся линии p-p, k-k, h-h. При этом расстояние между линиями можно принимать меньше, чем расстояние между следами секущих плоскостей на горизонтальной проекции. Кривые шаблонов строятся по точкам пересечения секущей плоскости с образующими. Истинное значение можно получить на горизонтальной проекции. Для чего замерив расстояние по следу p-p от лезвия лемеха до первой образующей и отложив от линии p-p вдоль первой образующей совмещенной плоскости, получим точку 1. Чтобы найти точку 2, замеряется расстояние от лезвия лемеха на горизонтальной проекции до второй образующей и откладывается от линии p-p вдоль второй образующей.

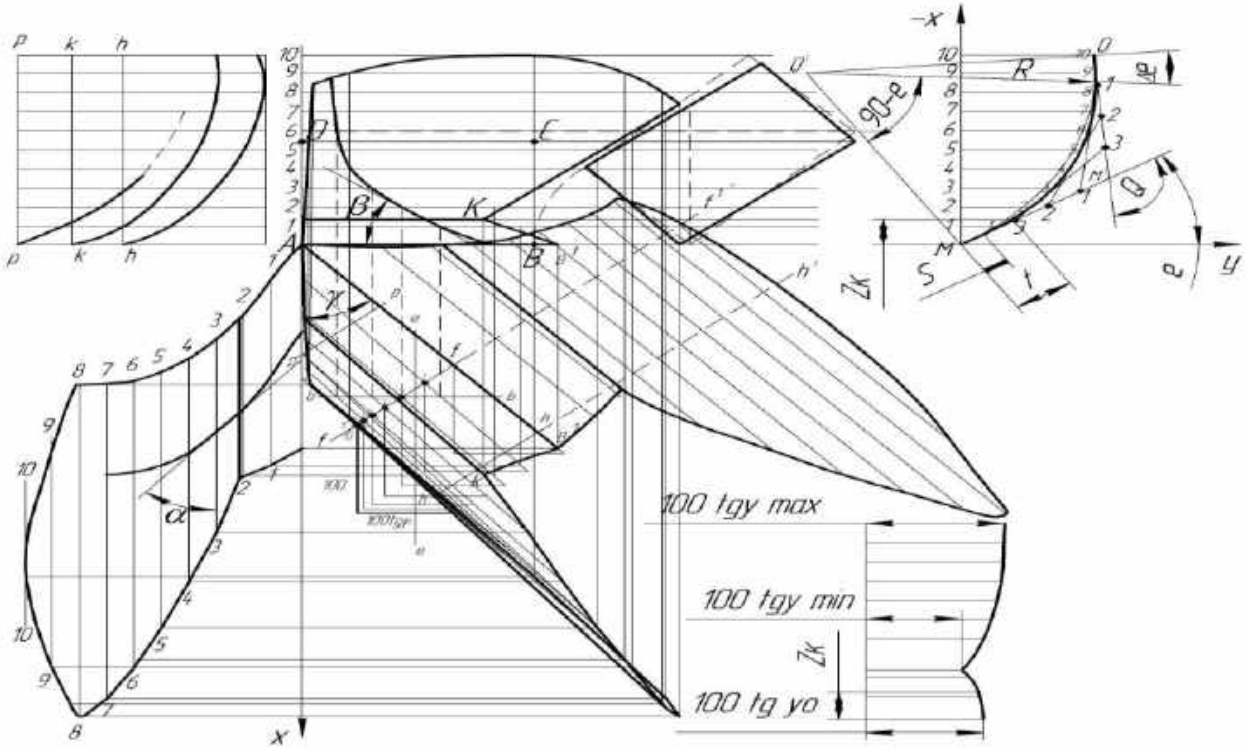


Рис. 7. Общая схема проектируемой лемешно-отвальной поверхности

Аналогично отыскиваются точки и на всех последующих образующих. Соединив полученные точки плавной кривой, получаем истинную кривизну отвальной поверхности в сечении *p-p*. Данная кривая и является шаблоном этого сечения. Аналогично строятся кривые шаблонов в сечениях *k-k* и *h-h*.

При изготовлении отвалов шаблоны применяются для контроля формы отвальной поверхности и по шаблонам изготовляются штампы.

4.1.8. Построение развертки отвала

При проектировании отвала вычерчивается развертка (выкройка), по которой делается штамп для изготовления заготовок. Развертка отвала вычерчивается примыкающей к лезвию лемеха на горизонтальной проекции. Для построения выкройки используются две кривые шаблонов (можно использовать и направляющую кривую, поскольку она тоже является шаблоном для сечения *f-f)* (рис. 7), расположенные одна от другой на расстоянии не менее чем 100 мм в масштабе чертежа (например *h-h*). Чтобы получить истинную высоту отвала, данные кривые выпрямляются в прямые линии, для чего при нанесении образующих откладываются расстояния между образующими по дугам кривых. С достаточной точностью можно принимать не длину дуг, а длину их хорд. Длина отвала без искажения отражена на горизонтальной проекции.

Построение ведется следующим образом:

Продлеваются следы плоскостей *f-f* и *h-h* (рис. 7). Учитывая, что максимальная высота отвала будет примерно равна длине направляющей кривой. На линии $f\text{-}f^1$ откладываем отрезки равные расстоянию между образующими, взятых с направляющей кривой Оо. Аналогично откладываем расстояние между образующими на следе, плоскости $h\text{-}h^1$ взятых с кривой шаблона *h-h*. Через полученные одноименные точки на следе $f\text{-}f^1$ и $h\text{-}h^1$ проводим образующие. Каждая образующая пройдет под своим углом к горизонту, следовательно, они будут не параллельны между собой. После нанесения образующих строится развертка. Для этого замеряется расстояние от следа плоскости $f\text{-}f^1$ или *h-h* по каждой образующей на горизонтальной проекции до контура отвала и откладывается на соответствующей образующей развертке. Полученные точки соединяются плавной кривой, которая очертит контур развернутой поверхности отвала.

4.2. Проектирование пахотного агрегата

4.2.1. Определение числа корпусов

Тяговое сопротивление плуга зависит от физико-механических свойств почвы, от глубины вспашки и от числа корпусов. Академик В. П. Горячкин предложил рациональную формулу для определения тягового сопротивления:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = G_П f + kaB + \varepsilon aBv^2, \qquad (10)$$

где $G_П$ – сила тяжести плуга, Н;

f – коэффициент, аналогичный коэффициенту трения;

k – коэффициент, характеризующий способность почвенного пласта сопротивляться деформации, удельное сопротивление почвы, КН/м^2;

a – глубина пахоты, м;

B – ширина захвата плуга, м;

ε – коэффициент, учитывающий энергию на отбрасывание пласта, зависящий от формы отвала и свойств почвы, Нс^2/м^4;

v – скорость движения агрегата, м/с.

Если в формуле (10) силу тяжести плуга $G_П$ заменить через удельную массу q, а ширину захвата плуга B – через число корпусов n и ширину захвата одного корпуса b, то формулу (10) можно записать в виде:

$$P = qnf + kabn + \varepsilon abnv^2, \qquad (11)$$

Величина P_3 третьего члена формулы зависит от P_2 и составляет:

$$P_3 = (0{,}05...0{,}1)P_2. \qquad (12)$$

При максимальном значении P_3 формула (11) запишется в виде:

$$P = qnf + 1{,}1kabn = n(qf + 1{,}1kab). \qquad (13)$$

Откуда определяем число корпусов плуга для заданного трактора:

$$n = \frac{P_{тяг}}{qf + 1{,}1kab}, \qquad (14)$$

где $P_{тяг}$ – тяговое усилие трактора на выбранной передаче, кН.

Наиболее экономичная работа пахотного агрегата имеет место при коэффициенте загрузки мощности двигателя равном 0,9. Поэтому формула (14) запишется в виде:

$$n = \frac{0{,}9P_{TЯГ}}{qf + 1{,}1kab}. \quad (15)$$

Все составляющие формулы (15) заданы, следовательно, можно определить число корпусов n. Первая передача не принимается за рабочую. На нее можно переходить только для преодоления временно возросшего тягового сопротивления плуга по какой-либо причине. Кроме того, следует учитывать, что производительность агрегата будет различной при меньшем числе корпусов, но при работе на повышенной скорости, по сравнению с производительностью агрегата, имеющего большее количество корпусов, но работающего на более низкой скорости движения, при одном и том, же коэффициенте загрузки мощности двигателя.

Для выбора оптимального числа корпусов и рабочей скорости движения пахотного агрегата необходимо определить производительность по формуле:

$$W_{CM} = 0{,}1BVT\tau \text{, га/смену,} \quad (16)$$

где V – скорость агрегата, км/ч;

T – продолжительность смены, ч (7 часов);

τ – коэффициент использования рабочего времени смены, на вспашке принимается $\tau = 0{,}7$.

Если ширину захвата плуга B выразить через число корпусов n и ширину захвата одного корпуса b, тогда формула (16) примет вид

$$W_{CM} = 0{,}1bnvT\tau \text{, га/смену.} \quad (17)$$

Подставив выражение (4.6) в (4.8), имеем

$$W_{CM} = \frac{0{,}09P_{TЯГ}bvT\tau}{qf + 1{,}1kab}, \text{ га/смену.} \quad (18)$$

Необходимые данные приведены в Приложении 2.

Рассчитать сменную производительность на нескольких рабочих передачах, начиная со скорости 7-8 км/ч для трактора, указанного в задании. По максимальной производительности агрегата принимается число корпусов для проектирования схемы плуга.

4.2.2. Проектирование схемы навесного плуга

Проектирование схемы навесного пахотного агрегата начинается с проектирования горизонтальной проекции.

Технические данные тракторов и параметры их навесных устройств приведены в таблице 4, а обозначения параметров указаны на рисунке 8.

Для размещения корпусов наносятся линии 1, 2, 3 и т. д. (рис. 9) с интервалами, равными ширине захвата корпуса в милли-

метрах в выбранном масштабе (рекомендуемый М 1:10).

Число линий должно быть на одну больше числа корпусов. Первая линия 1 (рис. 9) проводится на расстоянии B = 300…350 мм от правой кромки правой гусеницы трактора; или на расстоянии B = 250..300 мм для колесных тракторов во избежание осыпания стенки борозды. На второй линии намечается точка O_1 расположения носка лемеха первого корпуса на расстоянии 500…600 мм от проекции колеса или гусеницы с тем, чтобы не было зацепления за них носком лемеха предплужника при переводе в транспортное положение, установленного на расстоянии 250…300 мм от носка лемеха основного корпуса. Положение носков остальных корпусов определяется графически.

С целью более устойчивой работы плуга необходимо выдержать условие, чтобы все силы сопротивления пластов, приложенные к каждому корпусу, располагались на одной прямой, отклоненной от нормали *10* на угол трения φ = arctg f. Поэтому, проводя из точки O_1 линию лезвия лемеха первого корпуса под углом γ_0 к стенке борозды – линии *12*, восстанавливают перпендикуляр *10*. Затем под углом φ проводится прямая *11*, пересечение которой с линиями *3, 4, 5, 6* и т. д. дает точки O_2, O_3, O_4 и т. д. расположения носков лемехов остальных корпусов. Из всех полученных точек проводятся линии лезвий длиной, обеспечивающей перекрытие Δb = 15…25 мм.

Длина полевой доски определяется графическим способом из условия, что сила R сопротивления пласта должна иметь опору в виде полевой доски и, чтобы не было момента, должна проходить через ее конец. Обычно принимают, что сила R приложена в середине длины лезвия у корпусов с культурной отвальной поверхностью и на расстоянии 2/3 длины лезвия у корпусов с полувинтовой отвальной поверхностью. Поэтому, проведя линию *12* параллельно линии *11*, в пересечениях ее с линиями *2, 3, 4* и т. д. получаем концы полевых досок всех корпусов. Определив расположение корпусов, длину лезвий лемехов и длину полевых досок, на горизонтальной проекции наносятся предплужники. Ширина их захвата равна 2/3 b, вынос по ходу составляет 250…300 мм, в сторону непаханого поля предплужники выносятся на 5…10 мм относительно полевых обрезов основных корпусов. После проектирования рабочих органов оформляется рама.

В настоящее время к производству принята рама, изготовленная из пустотелых профилей. Для крепления корпусов к главной балке приварены короткие грядили. К поперечной балке крепятся кронштейны с пальцами для присоединения нижних тяг навесной системы трактора. На верхней полке балки приварены кронштейны для крепления стоек, к верхним концам которых крепится раскос, на переднем конце его имеются щечки с отверстиями для присоединения верхней тяги навесной

системы трактора.

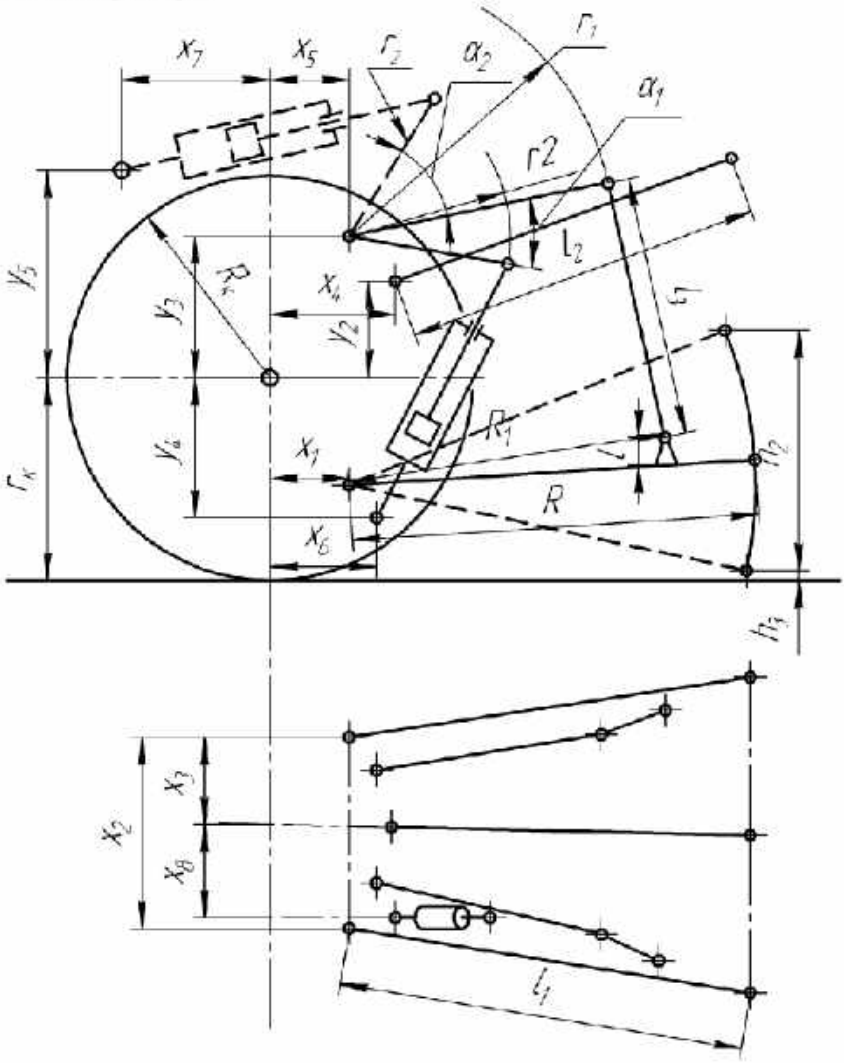


Рис. 8. Схема механизма навески тракторов

Таблица 4

Технические данные тракторов и параметры их навесных устройств

Показатели	Обозначение на рис. 1	Марки тракторов											
		К-744Р1	К-3200	ХТЗ-150К-09	ХТЗ 17221	ХТЗ-150-05	ХТЗ-181	МТЗ 1221	МТЗ 1523	МТЗ 2022	ВТ-150	ВТ-100	Т-250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Координаты крепления нижних тяг навески, мм	X_1	385	380	504	504	265	504	225	225	225	265	265	353
	Y_1	350	340	185	185	85	185	245	245	245	85	85	40
	X_2	850	800	80	80	80	80	477	477	477	0	0	0
	X_3	425	400	0,260	0,260	0,260	260	238	238	238	0,260	0,260	0,144
Размеры нижних тяг, мм	R	1200	870	840	840	840	840	870	870	870	840	840	887
	l_1	1210	885	912	912	912	912	885	885	885	912	912	973
Координаты точек крепления верхней тяги,	X_4	445	420	580	580	335	580	412	412	412	335	335	443
	Y_2	466	450	460	460	5155	460	90	90	90	555	555	610
Размеры верхней тяги, мм	l_{min}	1081	1090	770	770	770	770	520	520	520	770	760	35
	l_{max}	1325	1200	930	930	930	930	800	800	800	930	932	
Угол между подъемными рычагами, град	α_1^0	33	-	-	-	-	-	-	-	-	35	-	280
	α_2^0	-	-	75	75	-	75	57	57	57	-	-	33
Координаты точек крепления основного гидроцилиндра, мм	X_6	450	-	-	-	-	-	-	-	-	280	-	-
	Y_4	350	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-
	X_7	-	-	58	58	258	58	247	247	247	-	-	242
	Y_3	-	-	260	260	305	260	317	317	317	-	-	600
	X_8	±455	±455	177	177	242	177	60	60	60	242	-	190

Окончание таблицы 4

Размеры подъемных рычагов, мм	r_1	850	650	600	600	600	600	260	260	260	600		335
	r_2	331	290	190	190	190	190	140	140	140	190		555
Координаты точек крепления поворотного вала рычагов подъема, мм	X_5	445	400	580	580	335	580	355	355	355	335		730
	Y_3	466	450	490	490	555	490	270	270	270	555		820
Размеры подъемного раскоса, мм	$l_{3\,min}$	780	750	730	730	730	730	430	430	430	730		
	l_{3max}	1071	1000	820	820	820	820	515	515	515	820		
Координаты точек крепления раскосов нижним тягам, мм	R_1	900	850	555	555	555	555	410	410	410	643	643	706
	1	120	120	0	0	0	0	15	15	15	0	0	0
Пределы перемещения нижних тяг, мм	h_2	1450	1450	1225	1225	1090	1225	950	950	950	1040	1060	1098
	h_3	250	250	50	50	55	50	200	200	200	50	50	178
Радиус заднего колеса (звездочки), мм	R_k	669	746	575	575	382	275/3	716	714	714	405/3	375/3	509/3
Размеры хода основного цилиндра, диаметр длины, ход, мм	Ц.с.	2ц 140× 560× 250	2ц 110× 560× 250	2ц 110× 560× 250	2ц 110× 560× 250	2ц 110× 560× 250	2ц 110× 560× 250	110× 515 ×200	100× 515× 200	100× 515 ×200	140× 560× 250	140× 560× 250	140× 560× 250
Колея, мм	Вк	2115	1750	1860	1860	1435	1880	1700	1800	2160	1323	1330	1720
Ширина колеса, мм	bк	650	470	500	500	470	500	470	470	500	436	445	450

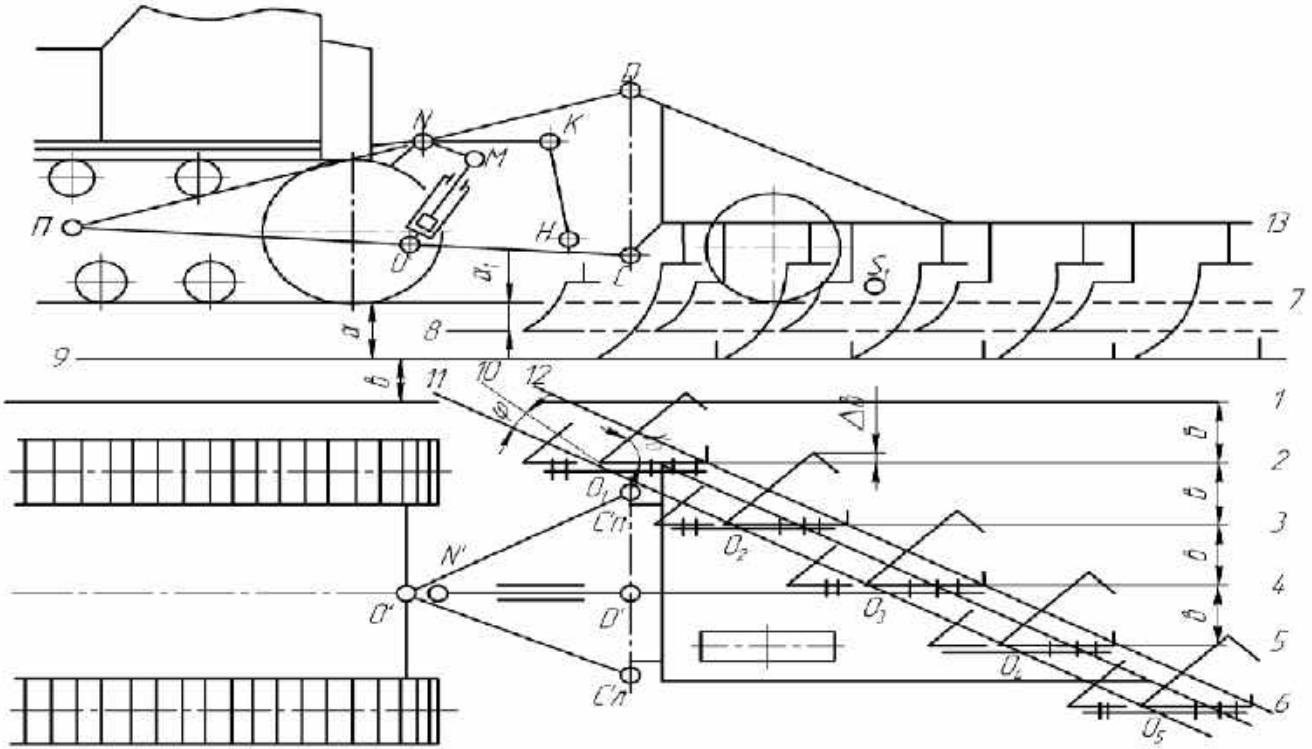


Рис. 9. Проектирование пахотного агрегата

Второй конец раскоса крепится к кронштейну, приваренному к верхней полке главной балки. Для увеличения прочности узла крепления первого корпуса желательно правый конец балки крепить к главной балке против первого грядиля. Последний корпус можно располагать на консоли главной балки. У четырехкорпусных плугов поперечная балка в этом случае может быть удлинена и иметь консоль относительно продольной балки крепления левого кронштейна.

Более точное положение поперечной балки, характеризуемой ее осевой линией на кинематической схеме горизонтальной проекции, при заданном положении корпусов и главной балки, а также при заданном положении трактора, определяется на основе размеров нижних тяг навесной системы трактора, размеров кронштейнов и расстояния между продольными осевыми линиями кронштейнов, принимаемым в пределах 700…900 мм в зависимости от числа корпусов. У производственных навесных и полунавесных плугов вылет пальцев кронштейнов (расстояние *l* от осевой линии поперечной балки до осевой линии пальцев) принимается в пределах 220…240 мм. При расстоянии между осевыми линиями кронштейнов 700 мм расстояние между центрами шаровых втулок нижние тяг будет 900 мм. Следовательно, поставив нижние тяги с раствором 900 мм и отмерив от центров шаровых втулок 220…240 мм, получим положение осевой линии поперечной балки. Далее оформляются на схеме кронштейны и продольная балка.

Опорное колесо крепится к продольной балке. На плуге с безгрядильной рамой оно может быть установлено с правой стороны, т. е. внутри треугольника рамы. В этом случае колесо располагается вблизи от линии, проходящей через центр тяжести, что существенно улучшает устойчивость хода плуга по глубине пахоты и устраняет перекос рамы. Диаметр колеса можно принять 500 мм, а ширина колеса определяется в зависимости от величины, приходящейся на него нагрузки и условий перекатывания по формуле:

$$b_1 = \frac{G + R_Z}{K_1}, \text{ см} \qquad (19)$$

где G –вертикальная нагрузка на колесо, Н;

K_1 –допустимая нагрузка на почву, приходящая на 1 см обода колеса, 450 Н;

R_Z – вертикальная составляющая давления пласта на корпуса плуга, (10…25) Н.

Вычерчивание схемы плуга на вертикальной проекции начинается с нанесения линии *7* поверхности поля, линии *8* дна борозды хода предплужников, линии *9* дна борозды хода основных корпусов. Осевая линия *13* рамы проводится на расстоянии *H* от дна борозды, равном:

$$H = a + b, \text{ см} \qquad (20)$$

где a – глубина пахоты, см;

b – ширина захвата корпуса, см.

Это расстояние соответствует высоте стойки корпуса, равной 600 мм от плоскости лемехов до осевой линии отверстий крепления стойки к раме.

Вылет (расстояние от носка лемеха до вертикальной осевой линии, проходящей через среднее отверстие стойки) стандартных корпусов с литыми стойками составляет 450 мм. Расстояние по горизонтали от носка лемеха до верхней точки полевого обреза отвала, расположенного на высоте 350 мм от плоскости лемехов, равно 300 мм.

Спроектировав носки лемехов и концы полевых досок с горизонтальной проекции на линию *9*, оформляется полевой обрез и стойка корпуса на вертикальной проекции. А спроектировав носки лемехов предплужников, оформляются аналогично и предплужники на вертикальной проекции. Точка *C* крепления нижних тяг должна располагаться на высоте когда линия тяги трактора будет направлена в след центра тяжести плуга. Поэтому на бугелях крепления пальцев для нижних тяг механизма навески трактора выполняются 2…3 отверстия на различной высоте, что бы выполнить условие направления линии тяги трактора при различной глубине пахоты. Поэтому, проводя горизонтальную линию на данной высоте, с горизонтальной проекции на нее сносятся точки крепления нижних тяг. Полученная точка *C* соединяется с точкой *O* крепления нижних тяг на тракторе, построенной по координатам таблицы 4. На тяге *OC* отмечается точка *H* крепления раскосов. Точка *D* крепления верхней тяги должна располагаться на вертикали, проходящей через точку *C*. Высота стойки *CD* должна находиться в пределах 900…950 мм. Соединив полученную точку *D* с точкой *N*, получаем размер верхней тяги *ND*, который должен быть в пределах размеров, приведенных в таблице 4. Наметив по координатам таблицы точки *M* и *K*, вычерчивается гидроцилиндр *OM*, силовой рычаг *NK* и раскос *KH*. На схеме отмечается положение точки S_1 центра тяжести

плуга. На листе графическое части выполняется кинематическое и динамическое исследование навесного пахотного агрегата, т.е. строятся планы скоростей и сил для рабочего и транспортного положений.

4.2.3. Кинематическое исследование

Основной задачей исследования кинематики механизмов навески трактора является изучение движения звеньев механизмов.

Из теоретической механики известно, что при плоскопараллельном движении твердого тела (звено механизма) представлено как вращение вокруг некоторой точки, называемой мгновенным центром вращения. В механизмах мы можем рассматривать движения звеньев относительно любого из звеньев механизма. Если движение звена относительно стойки принять за абсолютное движение в случае, когда весь механизм со стойкой перемещается, то соответствующий мгновенный центр вращения будет мгновенным центром вращения в абсолютном движении рассматриваемого звена. Если же рассматривается движение звена относительно любого другого подвижного звена механизма, то соответствующий мгновенный центр вращения будет мгновенным центром вращения в относительном движении.

Навесной плуг навешивается на трактор с помощью механизма навески (рис. 8).

Кинематическое исследование механизмов навески трактора состоит в решении следующих задач:

1.Определение положений звеньев навески трактора и траекторий, описываемых точками звеньев.

2. Определение скоростей звеньев и отдельных точек звеньев.

3. Определение ускорений звеньев и отдельных точек звеньев.

Определение положений звеньев и траекторий движения отдельных точек механизма навески трактора *NDCON* (рис. 8) при переводе плуга в транспортное положение обычно ведется графическим способом. Для этого строится кинематическая схема пахотного агрегата в выбранном масштабе с рабочим положением плуга. При кинематическом исследовании принимается закон движения ведущего звена линейным, т. е. скорость движения – постоянной (рис. 10).

Определение положений звеньев механизма ведется в следующей последовательности: в начале вычерчиваются траектории движения точек *M, K, D,* радиусами *NM, NK* и *ND* из точки *N,* а точек *H, C* – радиусами *OH* и *OC* из точки *O*.

При определении максимальной высоты подъема плуга по известным параметрам гидроцилиндра намечается точка *M* на дуге *MM'*, которая дает возможность найти положение всех остальных точек *K', H', C', D'* методом засечек на соответствующих траекториях их движения – дугах *KK', HH', CC', DD'*. После определения положения звена *CD'* в транспортном положении на нем строится схема плуга. Координаты отдельных точек плуга находятся методом засечек и введения дополнительных вспомогательных линий.

В качестве отдельных дополнительных точек можно принять точку *1* (конец рамы плуга) и точку *2* (передний конец рамы, к которому крепятся кронштейны присоединения нижних тяг). Соединив точки *C* и *D* с точкой *1*, получаем треугольник *CD*1. Методом засечек из точек *C'* и *D'* радиусами *C*1 и *D*1' определяется положение точки (*1'*). Соединив точки *C* и *D* с точкой *2*, получаем треугольник *CD*2, засечками из точек *C'* и *D'* определяется положение точки *2'*. Соединив точки *C'2'1'*, получаем положение рамы в транспортном положении плуга. После чего вычерчиваются корпуса и определяется величина заданного транспортного просвета $h_п$. Определяется положение точки *C'*, после чего находится положение всех точек механизма навески и положение рамы.

Расстояние h'_c, от поверхности поля до точки *C'* должно быть равным:

$$h'_c = a + h_П + h_c, \qquad (21)$$

где h_c – расстояние от поверхности поля до точки *C* в рабочем положении плуга, м;

$h_П$ – заданный транспортный просвет, м;

a – глубина пахоты, м.

Следовательно, проведя горизонтальную линию на расстоянии h'_c от поверхности поля в пересечении ее с траекторией движения точки *C*, получаем точку *C'*. Далее методом засечек радиусами, равными длине соответствующих звеньев, находится положение всех остальных точек механизма навески. В этом случае ход штока гидроцилиндра может быть использован не полностью.

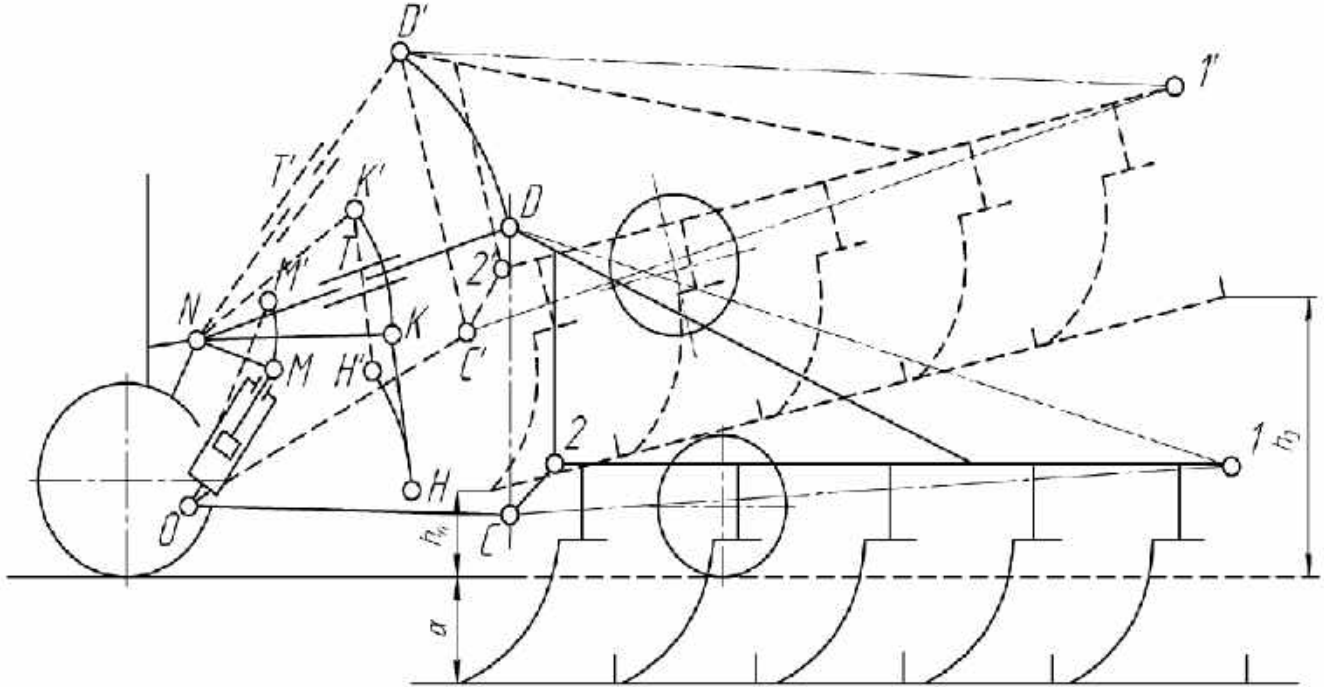


Рис. 10. Схема перевода навесного плуга из рабочего положения в транспортное

Определение скоростей и ускорений механизма навески трактора может быть произведено методом особых точек, или точек Ассура. Определение скоростей движения звеньев механизма навески плуга производится для начала и для конца его подъема в транспортное положение. В выбранном масштабе строится кинематическая схема механизма навески и плуга в двух положениях – рабочем и транспортном с полюсом в точке *P*. Скорость подъема зависит от размеров гидроцилиндра и производительности масляного насоса. Скорость движения поршня определяется по формуле:

$$V_M = 22 \cdot 10^{-6} \frac{Q_H}{d^2}, \qquad (22)$$

где $22 \cdot 10^{-6}$ – переводной коэффициент;

$Q_н$ – производительность насоса гидросистемы, л/мин;

d – диаметр поршня гидроцилиндра, м.

Для удобства построения и определения усилия на штоке гидроцилиндра при переводе плуга в транспортное положение по теореме Н. Е. Жуковского о жестком рычаге, целесообразно принять при построении планов скоростей следующую методику:

1. Строить повернутый на 90 градусов план скоростей (по часовой стрелке).

2. Масштаб плана скоростей принять таким, чтобы вектор скорости первой определяемой точки (точка *M)* был равен длине данного звена (звено *NM)*.

3. Полюс плана скоростей выбирается в одном из неподвижных шарниров. В данном случае целесообразно принять полюс *P* в точке *N*. План скоростей строится на свободном месте листа с полюсом в точке *P* (рис. 11).

Из полюса *P* откладывается вектор P_m параллельно звену *NM*. Скорость точки *K* определяется на основе теоремы подобия планов скоростей, согласно которой треугольник, построенный на плане механизма, подобен треугольнику, построенному на плане скоростей. Соединив точки *M* и *K* на плане механизма, получаем треугольник *NMK*. Из полюса *P* проводится прямая параллельно звену *NM*, а из конца вектора (точка *m)* проводится прямая параллельно стороне *MK*. Точка пересечения *K* отмечает конец вектора *PK*, скорости точки *K*.

Для определения скорости точки H воспользуемся формулой:

$$V_H = V_K + V_{HK}. \quad (23)$$

Так как известно направление относительной скорости V_{HK} и скорости V_H то из точки K проводится прямая параллельно звену KH, а из полюса P – параллельно звену KH. Полученная точка h при пересечении прямых отмечает конец вектора скорости V_H, выраженный отрезком Ph.

Скорость точки C находится по уравнению:

$$V_C = V_H \times (OC/OH) \quad (24)$$

Если точка H располагается на звене OC, тогда на плане скоростей вектор выражается отрезком PC. Для определения скорости точки D из конца вектора проводится прямая, параллельная звену CD, а из полюса P проводится прямая параллельно звену ND. Полученная точка пересечения d отмечает конец вектора скорости точки D. Точка S_1 (центр тяжести плуга) принадлежит звену CD, поэтому для определения ее скорости воспользуемся теоремой подобия скоростей. На плане механизмов строится треугольник CDS_1, а на плане скоростей, на отрезке Cd, строится треугольник CdS_1, подобный треугольнику CDS_1. Скорость точки S_1 выражается отрезком PS_1. Аналогично строится план скоростей с полюсом в точке P для полного транспортного положения плуга и, если требуется, для любого промежуточного положения.

Определив скорость движения звеньев механизма навески и центра тяжести плуга S_1 можно определить усилие, которое должен развивать гидроцилиндр при переводе плуга в транспортное положение на основе теоремы Н. Е. Жуковского о жестком рычаге. Силовой расчет и динамическое исследование можно всегда произвести, используя принцип возможных перемещений. Согласно этому принципу, если на какую-либо механическую, систему действует ряд сил, то, прибавив условно к задаваемым силам силы инерции и дав всей системе возможные для данного ее положения перемещения, получим ряд элементарных работ, сумма которых должна равняться нулю. Учитывая, что работа в единицу времени выражается произведением силы на скорость, то для определения силы на штоке гидроцилиндра необходимо определить скорости движения точек M и S_1.

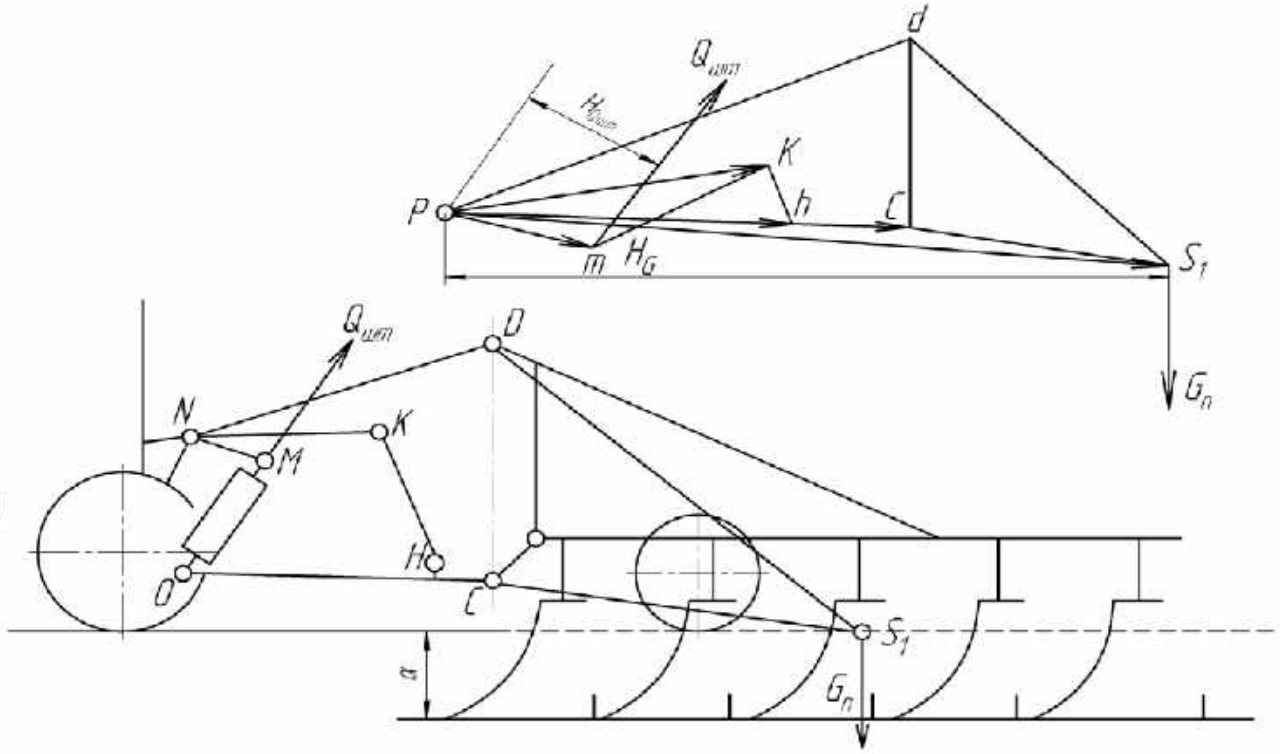


Рис. 11. Построение плана скоростей звеньев механизма навески трактора и центра тяжести плуга

После построения повернутого на 90^0 плана скоростей к концу вектора скорости точки M прикладывается искомая сила $Q_Ш$, направленная параллельно штоку ON гидроцилиндра, а к концу вектора скорости точки S_1 прикладывается известная сила тяжести $G_П$ плуга. Относительно полюса P составляется уравнение моментов из которого определяется $Q_Ш$ по формуле:

$$Q_Ш = G_П \frac{H_{G_П}}{H_{Q_Ш}}. \qquad (25)$$

В случае построения кривой, изменения силы на штоке гидроцилиндра в функции высоты подъема плуга. Планы скоростей строятся для рабочего и транспортного положения плуга.

При определении силы $Q_Ш$ для начала подъема учитывается не только масса плуга, но и давление пласта. При этом сила тяжести плуга умножается на коэффициент K = 1,5…2,0. В конце подъема принимается к расчету только сила $G_П$ тяжести плуга.

Расчет силы $Q_Ш$ проводят по формуле:

$$Q_Ш = \frac{\pi D^2}{4} q, \text{ откуда } D = \sqrt{\frac{4Q_Ш}{\pi q}}, \qquad (26)$$

где q – давление масла в гидросистеме, создаваемое насосом, МПа.

В случае, если имеющийся на тракторе гидроцилиндр не развивает нужного для подъема усилия необходимо подобрать новый гидроцилиндр.

4.2.4. Динамическое исследование

На навесной плуг с четырехзвенной системой навески во время работы действуют следующие силы (рис. 12 и 13):

1. Сила тяжести плуга $G_П$, приложенная в центре масс.

2. Реакция R_K на опорное колесо плуга, отклоненная от нормали на угол μ сопротивления перекатыванию. На горизонтальную плоскость xoy сила R_K проектируется в R_{KY}, которая является составляющей общего тягового сопротивления плуга.

3. Реакция стенки борозды $R_Б$ на полевые доски, отклоненная от нормали на угол трения φ. На продольно-вертикальную плоскость xoz сила $R_Б$ дает проекцию – силу трения F_X, которая является составляющей общего тягового сопротивления плуга.

4. Давление пласта $R_П$ на лемех корпуса плуга. Сила $R_П$ приложена вблизи лезвия лемеха на расстоянии 0,3 b от носка лемеха, и отклонена от нормали на угол трения φ. По данным Г.Н. Синеокова сила $R_П$ составляет около 50-60 % от общего тягового сопротивления плуга P. Сила $R_П$ дает проекции: на горизонтальную плоскость xoy – силу $R_{ПXY}$ продольно-вертикальную плоскость xoz – силу $R_{ПXZ}$, на поперечно-вертикальную плоскость yoz - силу $R_{ПYZ}$, на ось X – силу $R_{ПX}$, на ось Y – силу $R_{ПY}$, на ось Z – силу $R_{ПZ}$.

5. Давление пласта на отвал $R_О$. Данная сила приложена, примерно, на высоте 0,5a и на расстоянии 0,8b от носка лемеха. Сила $R_О$ отклонена от нормали к поверхности отвала на угол трения φ в обратную сторону от направления движения пласта в данной точке его траектории. По данным Г. Н. Синеокова, сила составляет 50…40% от общего тягового сопротивления P, не считая сопротивление колеса и силу трения F_X. Сила $R_О$ дает проекции: на плоскость xoy – силу R_{XOY}, на плоскость zoy – силу R_{ZOY}, на плоскость xoz – силу R_{OZX}, на ось x – силу R_{OX}, на ось y – силу R_{OY}, на ось z – силу R_{OZ}.

6. Реакция дна борозды $R_З$, приложенная к затылочной фаске лемеха на расстоянии 0,5b от носка, отклонена от нормали на угол трения φ; она дает проекции на плоскость xoy силу $R_{ЗXY}$, на плоскость xoz – силу $R_{ЗXZ}$, на ось x – силу $R_{ЗX}$, на ось y – силу $R_{ЗY}$, на ось z – силу $R_{ЗZ}$.

7. Равнодействующая R' от сил $R_П$ и $R_З$ дает проекции силы: на плоскость xoy – силу R'_{XY}, на плоскость xoz – силу R'_{XZ}, на плоскость yoz – силу R_{YZ}, на ось x – силу R'_X на ось y – силу R'_Y, на ось z – силу R'_Z.

8. Равнодействующая R от всех сил $R_О$, $R_П$ и $R_З$ дает проекции: на плоскость xoy – силу R_{XY} на плоскость xoz – силу R_{XZ}, на плоскость yoz – силу R_{YZ}, на ось x – силу R_X, на ось y – силу R_Y, на ось z – силу R_Z.

9. Давление в верхней тяге системы навески – сила $R_В$.

10. Усилие в нижних тягах системы навески – левой $P_{Н.лев}$ и правой $P_{Н.прав}$.

11. Усилие в раскосах навески в левом T_1 и в правом T_2. Величина всех указанных сил, кроме силы тяжести плуга зависят от удельного сопротивления почвы K, глубины пахоты a м, ширины захвата плуга b м.

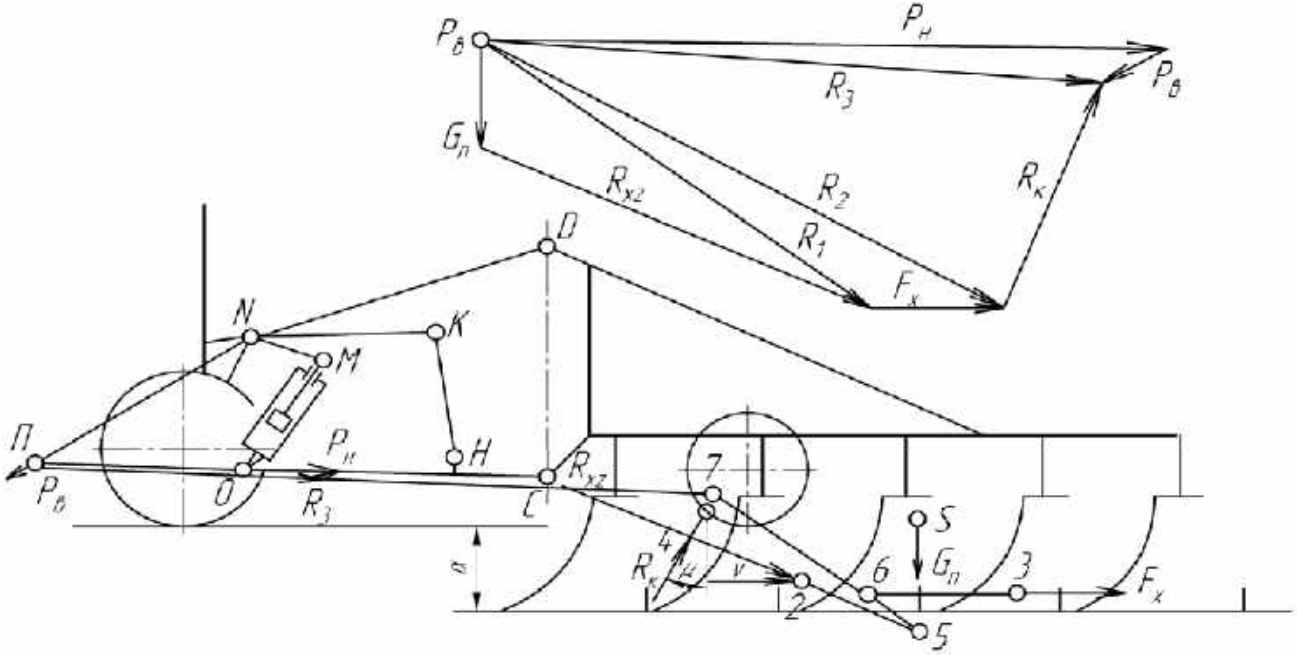


Рис. 12. Схема приложения и сложения сил действующих в вертикальной плоскости

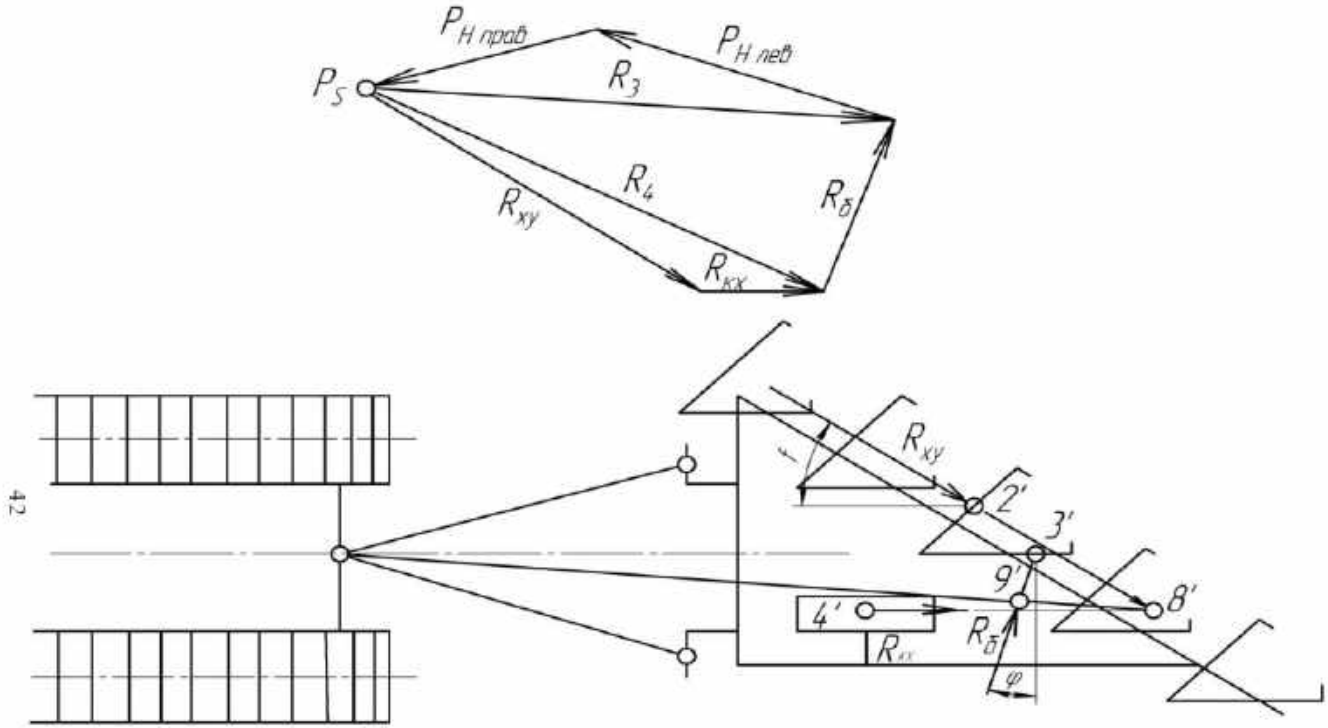


Рис. 13. Схема приложения и сложения сил действующих в горизонтальной плоскости

Устойчивость работы плугов зависит от целого ряда факторов конструктивного и эксплуатационного характера. Поэтому все факторы должны учитываться при проектировании и изготовлении, при ремонте и подготовке плугов к работе, при технологических регулировках. Одним из основных факторов, обуславливающих устойчивый ход плуга по глубине пахоты и ширине захвата, является сбалансированность всех сил, действующих на плуг. Это имеет место в том случае, когда сумма проекций всех сил на оси координат *ox, oy, oz* и сумма моментов их относительно осей координат, равны нулю. Недостаточно изученными и трудно определяемыми силами при работе плуга являются силы $R_Л$, R_O, $R_З$, действующие на лемех, отвал и на затылочную фаску лемеха. Практика показывает, что при износе лемехов, когда получается большая затылочная фаска, плуг выглубляется из почвы. Это значит, что вертикальная составляющая сила R_{ZZ} от действующей на затылочную фаску силы $R_З$ больше суммы вертикальных сил $G_Л$, $R_{ЛZ}$ и R_{OZ}. Критическое значение R_{ZZ}, когда реакция R_K на опорное колесо равна нулю.

При затуплении лемехов возникает затылочная фаска, образующая задний отрицательный угол резания $\varepsilon_З$.

В практической деятельности наиболее часто пользуются результирующей силой R сил $R_Л$, R_O и $R_З$. По данным Г. Н. Синеокова, вертикальная составляющая R_Z от силы R_X равна (при угле $\nu = \pm 12°$):

$$R_z = \pm 0{,}2\ R_x. \qquad (27)$$

то есть колеблется от $+R_Z$ при острых лемехах, до $-R_Z$ при предельном их износе. Боковая составляющая R_Y от силы R_X равна:

$$R_Y = 0{,}33\ R_X. \qquad (28)$$

Согласно формуле (13) имеем:

$$R_X = 1{,}1\ kab. \qquad (29)$$

По силе R_X определяется проекция R_{XZ} равнодействующей R от сил R_O, $R_Л$ и $R_З$ на плоскость *zox* (рис. 12):

$$R_{XZ} = R_X / \cos \nu. \qquad (30)$$

Проекция R_{XY} на горизонтальную плоскость *yox* от силы R равна (рис. 13)

$$R_{xy} = R_x / \cos \chi\,. \qquad (31)$$

где χ – угол, равный $90° - (\gamma_0 + \varphi)$.

Реакция стенки борозды $R_б$ вычисляется через R_Y по формуле:

$$R_б = R_y / \cos \varphi = 0{,}33 R_x / \cos \varphi\,. \qquad (32)$$

Сила трения F_x полевой доски о стенку борозды равна:

$$F_x = fR_y = 0{,}33R_x \cdot tg\varphi \cdot \qquad (33)$$

Реакция R_K обуславливается силой тяжести плуга $G_П$, вертикальной составляющей давления пласта R и вертикальной составляющей силы тяги P_{KP} трактора. Поэтому она определяется графическим путем при построении силового многоугольника для вертикальной проекции навесного плуга.

На листе *2* к точкам *S*, *2*, *3* и *4* (рис. 12) прикладываются векторы сил $G_П$, R_{XZ}, F_X и R_K в произвольном масштабе.

Силовой многоугольник строится на свободном месте листа с полюсом в точке P_B. В выбранном масштабе откладывается вектор силы $G_П$. Из конца вектора откладывается вектор силы R_{XZ}. Сумма векторов сил дает равнодействующую силу R_1. На схеме плуга из точки *5* пересечения сил R_{XZ} и $G_П$ проводится линия параллельно вектору R_1. Далее складываются силы R_1 и F_X. К концу вектора R_1 прикладывается вектор силы F_X. Вектор R_2 является результирующим векторов R_1 и F_X. На схеме плуга из точки 6 пересечения линий действия сил R_1 и F_X проводится линия *6-7* параллельно вектору R_2. Через точку *7* пересечения линий действия сил R_2 и R_K должна пройти и их равнодействующая R_3. Она должна быть направлена в мгновенный центр вращения П стойки *CD* плуга с тем, чтобы в дальнейшем найти ее составляющие P_H, направленной вдоль нижних тяг и P_B, направленной вдоль верхней тяги.

На схеме плуга проводится прямая П7, а на плане скоростей из конца вектора R_2 проводится линия параллельно линии действия силы R_K, а из полюса П силового многоугольника проводится линия параллельно линии П7. Точка пересечения отмечает концы векторов силы R_K и результирующей тягового сопротивления R_3. Перенеся силу R_3 из точки *7* в мгновенный центр вращения П, раскладываем на составляющие $P_н$ и $P_в$. На плане сил из конца вектора R_3 проводится прямая параллельно верхней тяге *ND*, а из полюса П плана сил проводится прямая параллельно нижним тягам *OC*. В результате получаем вектор силы P_B и вектор силы P_H. Направление силы P_B показывает, что верхняя тяга работает на сжатие. Нижние тяги работают на растяжение.

Силовой многоугольник для горизонтальной проекции, отражающий динамику плуга в горизонтальной плоскости *xoy*, строится с полюсом в точке P_5 (рис. 13). На схеме плуга сила R_{XY}

приложена в точке 2', сила R_{KX} – в точке 4', сила R_5 – в точке 3'.

Вначале суммируются силы R_{XY} и R_{KX}. Поэтому на плане сил из полюса P_S откладываются векторы R_{XY} и R_{KX}, сумма которых дает равнодействующий вектор R_4. На схеме плуга пересечение линий действия сил R_{XY} и R_{KX} дает точку 8'. Из точки 8' проводится линия параллельно R_4 до пересечения в точке 9' с силой R_6. Равнодействующая R_5 сил R_4 и R_6 должна быть направлена в точку O' присоединения нижних тяг на тракторе. Для получения величины силы R_5 на плане сил геометрически суммируются силы R_4 и R_6. Значение силы R_6 нами определено по формуле (32). Однако значение силы R_6 для конкретной схемы плуга, имеющего собственную динамику, сила R_6 должна быть определена графическим путем. Для этого из конца вектора силы R_4 проводиться направление силы R_6, а из полюса P_S – направление силы R_5 параллельно линии её действия $0'$-$9'$ на схеме плуга. Пересечение данных линий на силовом многоугольнике даёт уточненную силу R_6 и результирующую силу R_5, воспринимаемую правой и левой нижними тягами. Для определения силы $P_{н.лев}$, действующей вдоль левой тяги и $P_{н.прав}$, действующей вдоль правой тяги, из конца вектора R_5 проводится линия параллельно левой нижней тяге, а из полюса P_S проводится линия параллельно правой нижней тяге.

Полученные силы $P_{н.лев}$ и $P_{н.прав}$ являются составляющими суммарной силы тяги, равной суммарному сопротивлению R_5. В качестве проверки проекции сил R_5 и R_3 на продольную ось x должны быть равны.

5. Организация использования пахотного агрегата

5.1. Подготовка плуга к работе

Перед началом работы должна быть произведена проверка нового или отремонтированного плуга на специальной площадке. Длинна ровной бетонированной площадки должна быть не менее 6 м, а ширина не менее 3 метров.

В процессе проверки устанавливается соответствие плуга техническим нормам, для корпусов и предплужников эти нормы следующие:

1. Лемеха корпусов и предплужников должны иметь форму и размеры, соответствующие шаблону, снятому с нового заводского лемеха. Толщина лезвия лемеха после заточки должка быть не более 1 мм. Лемеха не должны иметь фаски с тыльной стороны. У долотообразных лемехов, носок должен быть опущен ниже лезвия на 3...10 мм.

2. Зазор в стыке лемеха с отвалом не допускается более 1 мм. Не допускается выступание отвала над лемехом.

3. Головки болтов крепления отвалов и лемехов к стойкам должны быть заподлицо с рабочей поверхностью детали. Допускается утопание головки одного болта не более 1 мм, выступание не допускается.

4. Полевые обрезы лемеха и отвала должна находиться в одной плоскости. Допускается выступание полевой кромки лемеха за отвал не более 5 мм, выступание поверхности отвала не допускается.

5. Концы полевых досок и носки лемехов корпусов должны быть расположены в одной плоскости, параллельно продольной осевой линии. Допускается отклонение конца полевой доски в сторону поля до 5 мм.

6. Рабочие поверхности лемехов и отвалов корпуса и предплужника должны быть чистыми и гладкими. Антикоррозийные покрытия о рабочей поверхности должны удаляться до выезда в поле.

7. Трапецеидальные лемеха всех корпусов плуга должны касаться опорной поверхности по всей длине лезвия. Долотообразные лемеха должны касаться опорной плоскости носками, а пятки лемехов должны быть приподняты до 10 мм. Носки отдельных лемехов могут быть приподняты над опорной плоскостью до 10 мм.

8. Проверка правильности положения корпусов в полевых условиях производится в транспортном положении плуга при помощи рейки или шнура. При этом носки и пятки лемехов всех корпусов должны касаться шнура. Отклонение допускается не более ±6 мм.

9. Лезвие лемеха предплужника должно быть расположено горизонтально. Носок лемеха может находиться ниже пятки не более чем на 10 мм. Расположение носка выше пятки не допускается.

10. Полевой обрез предплужника должен совпадать с полевым обрезом лемеха и отвала основного корпуса. Допускается смещение полевого обреза в сторону поля не более чем на 20 мм.

11. Державки предплужников не должны иметь трещин и отломанных разгружающих выступов.

12. Хомуты крепления предплужников не должны быть погнуты. Резьба на концах хомутов должна быть полной и чистой.

13. По высоте предплужник должен быть установлен так, чтобы он снимал пласт на глубину 100...120 мм.

14. Вынос предплужника до ходу плуга должен быть в пределах 250...300 мм от носка лемеха основного корпуса.

15. Полевые доски корпусов не должны быть погнутыми и располагаться в продольно-вертикальной плоскости, проходящей через полевой обрез корпуса (конец полевой доски и носок лемеха).

Остальные узлы проверяются внешним осмотром. При этом устанавливается отсутствие трещин, деформаций, прочность затяжки болтовых соединений и т. д. Убедившись в исправности плуга, необходимо проверить кинематику механизма навески при переводе его в транспортное положение.

При подготовке тракторов класса 30 кН для работы с навесными плугами механизм навески трактора устанавливается по двухточечной схеме, а навеска плуга устанавливается в соответствии с шириной захвата и маркой трактора. До навески плуга рукоятку распределителя гидросистемы переводят в «плавающее» положение. Затем соединяют левую, а потом правую продольные тяги механизма навески трактора. После этого, соединяют верхнюю центральную тягу с вилкой раскоса. При опущенном механизме навески натяжные цепи должны провисать. После взвешивания плуг поднимают в транспортное положение до тех пор, пока шток поршня полностью не выдвинется из цилиндра, а затем натягивают ограничительные цепи с тем, чтобы при транспортировке была обеспечена жесткость плуга относительно трактора, предотвращающая его раскачивание в горизонтальной плоскости. При подъеме плуга в транспортное положение проверяется кинематика всех звеньев механизма навески и правильность натяжения цепей. В транспортном положении плуга его боковое качение по задним концам продольных тяг не должно превышать ±20 мм. При опущенном механизме навески (лемеха приподняты над опорной плоскостью на 30...40 мм) продольные тяги должны свободно перемещаться вправо и влево на 100...120 мм.

Дальнейшая регулировка навесного плуга и установка на заданную глубину пахоты производится в поле.

5.2. Подготовка поля

Очень важно правильно и своевременно подготовить поле для работы пахотных агрегатов. Поля с учетом особенностей рельефа, формы и размеров разбивают на загоны и освобождают от пожнивных остатков, камней, одиночных кустов, засыпают ямы, канавы, равномерно распределяют органические удобрения, опахивают столбы телефонной и телеграфной связи, опоры высоковольтной электросети, устраняют все препятствия, мешающие нормальной работе пахотных агрегатов. На заросших не очищенных от соломы полях совершенно невозможно работать в ночное время, резко ухудшается качество работы и затрудняется последующая подготовка поля под посев.

Практика показывает, что при работе пахотных агрегатов на неподготовленных полях производительность их снижается в 1,5...2,0 раза.

5.3. Организация работы пахотного агрегата

После подготовки поля выбирается направление пахоты и способ движения агрегата, отбиваются поворотные полосы и загонки, определяется способ первых проходов и производится регулировка плуга. При пахоте длинных участков выгоднее всего применять способ движения всвал и вразвал, с чередованием загонов. Направление и способ движения агрегата выбирают в зависимости от конфигурации и размеров поля. Пахота вдоль длинной стороны поля, более производительна, чем вдоль короткой. Для полей шириной более 300 м нужно ежегодно изменять направление пахоты, что улучшает состояние почвы. На склонах целесообразнее проводить пахоту оборотными или челночными плугами поперек склона, а по возможности по горизонталям.

Пахота с чередованием загонов производится в таком порядке: вначале первый и третий загоны обрабатывают всвал, затем второй загон (между ними) обрабатывают вразвал и т.д. В этом случае в стыках между загонами не будет образовываться свальных гребней или развальных борозд. Во избежание образования высокого свального гребня и глубокой развальной борозды первый и последний проходы агрегата на загоне должны производиться с неполной глубиной вспашки. Практика показывает, что целесообразно для уменьшения глубины разъемной борозды последний проход агрегата производить с выглубленными наполовину

задними корпусами. При этом следует агрегат вести так, чтобы два задних корпуса оборачивали в развальную борозду почву, вспаханную при предыдущем проходе. При работе агрегата в загоне выглублять и заглублять плуг следует только при его движении по прямой, а не во время поворота агрегата. Включать плуг нужно в момент, когда передний корпус подойдет к контрольной борозде отпашки поворотной полосы, а выключать – когда задний корпус сравняется с нею. Это обеспечивает заглубление плуга на нормальную глубину сразу после контрольной борозды. Разворачивать пахотный агрегат и заезжать в борозду следует на рабочей передаче, в необходимых случаях на пониженном скоростном режиме двигателя. При холостом проходе по поворотной полосе на расстоянии свыше 100 м целесообразно, переходить на высшую передачу.

Во время работы необходимо следить за тем, чтобы все корпуса пахали на одинаковую глубину. Показателем правильного хода по глубине пахоты является горизонтальное положение рамы плуга. Одинаковая глубина хода корпусов у навесных плугов достигается регулировкой длины центральной тяги и длины правого и левого раскосов навески трактора. При вспашке навесными плугами рычаг распределителя устанавливается в положение «плавающее». При «нейтральном» положении золотника распределителя работать запрещается во избежание поломки плугов и неравномерной глубины пахоты.

Иногда при вспашке почвы применяют беспетлевой комбинированный способ движения агрегатов. При этом способе первый загон пашут вразвал с левым поворотом агрегата в конце поля до тех пор, пока ширина невспаханной полосы позволяет выполнять беспетлевой поворот агрегата, а затем при правых поворотах начинают вспахивать следующий загон и допахивать полосу первого загона. После этого допахивают второй загон вразвал с левым поворотов: агрегата и т. д.

Для прокладки первых борозд и отбивки поворотных полос первые проходы агрегата необходимо выполнять пропашкой всвал за три прохода или вразвал за четыре прохода агрегата.

Плуг для первого прохода припашки всвал устанавливают так, чтобы первый корпус скользил по поверхности поля, а последний пахал на заданную глубину. Второй проход выполняют так, чтобы первый корпус, установленный на заданную глубину вспашки,

шел по следу первого прохода предпоследнего корпуса. Третий проход выполняют, как при обычной пахоте. Для первого и второго проходов при припашке вразвал плуг регулируют так, чтобы первый корпус скользил по поверхности поля, а последний был заглублен на половину заданной глубины пахоты. После этого все корпуса плуга устанавливают на заданную глубину обработки и делают третий и четвертый проходы, направляя первый корпус по следу третьего корпуса соответственно при втором и первом проходах. При этом окончательно засыпается развальная борозда и образуется небольшой свальный гребень.

После вспашки всех загонов обрабатывают поворотные полосы вразвал и заделывают разъемные борозды. Для запашки борозд плуг регулируют так, чтобы первый корпус пахал на заданную глубину или на 5…6 см глубине и шел рядом с открытой бороздой, а задний скользил по поверхности поля.

5.4. Контроль качества вспашки

Контроль качества вспашки проводят не менее трех раз в смену. Проверяют глубину вспашки качество, оборота пласта заделку растительных остатков, глыбистость, гребнистость и отсутствие огрехов.

Глубину измеряют бороздомером или линейкой не менее чем в двадцати точках и находят среднее значение. Оно не должно отклоняться от заданного более, чем на ±5 %. Качество оборота пласта определяют визуально. Качество заделки растительных остатков оценивают количеством незаделанных растений. Если их более 10 %, то заделка неудовлетворительная. Глыбистость устанавливают подсчетом количества комьев крупнее 8 см в диаметре на учетной площади 1 м^2. Если их будет более пяти, то качество вспашки считается плохим. Гребнистость измеряют профилометром или двумя линейками. Высота гребней не должна быть более 5 см. Для определения скрытых огрехов проходят поле по диагонали, и измеряют глубину металлическим прутом с делениями, т. е. жесткой линейкой.

5.5. Техника безопасности

При работе с плугом необходимо соблюдать, наряду с мерами предосторожности, общими для условий работы на всех сельскохозяйственных машинах, так же и некоторые специфические требования.

1. К работе с плугом можно допускать лиц, получивших надлежащий инструктаж и хорошо знакомых с конструкцией плуга и его регулированием.

2. Перед началом движения трактора, перед подъемом плуга в транспортное положение и опусканием его в рабочее положение, подавать сигнал с тем, чтобы посторонние лица отошли на безопасное расстояние.

3. При транспортном положении плуга не производить ремонтные работы и другие операции. Очистку, регулировку, подтяжку креплений и т.д. производить только при опущенном плуге на поверхность поля.

4. При замене лемехов необходимо подставить подставки и опустить плуг на них корпусами, с которыми не производится операция замены. Подставки поочередно переставляются под следующие корпуса.

5. Очистку корпусов производить только при опущенном плуге на поверхность поля.

6. При дальней транспортировке следить за положением плуга, избегая быстрой езды по неровной дороге.

6. Заключение

В этом разделе необходимо привести техническую характеристику проектируемого пахотного агрегата, которая включает:

- тип лемешно-отвальной поверхности;
- количество корпусов;
- состав агрегата (трактор + проектируемый плуг);
- производительность в час чистой работы, га/ч;
- ширина захвата, м;
- рабочая скорость, км/ч;
- рабочая передача трактора;
- масса агрегата, кг.

Привести необходимые выводы по каждому разделу курсового проекта.

Приложения

Приложение 1

Варианты заданий для выполнения курсового проекта

№ варианта	Марка трактора	K-удельное сопротивление почвы, Кн/м^2	b-ширина захвата корпуса плуга, см	a -глубина вспашки, м	γ_0 -угол постановки лезвия лемеха к стенке борозды, град.	γ_{min} – угол постановки груди отвала к стенке борозды, град.	γ_{max} – угол постановки крыла отвала к стенке борозды, град.	ε- угол постановки лемеха ко дну борозды, град.	h_g- транспортный просвет плуга, м	q- удельная масса плуга, кг/корпус.	f – коэффициент трения.	μ-коэффициент сопротивления качению	Ру-давление масла в гидросистеме, МПа	Qн – производительность насоса гидросистемы, л/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
01	Т-250	41	0,3	0,23	43	38	45	29	0,43	150	0,48	0,21	13	52
02	К-3200	51	0,45	0,25	41	39	46	25	0,41	220	0,42	0,24	12	76
03	ХТЗ-150К-09	50	0,4	0,27	42	40	44	22	0,43	200	0,44	0,25	14	86
04	ХТЗ-17221	48	0,45	0,25	41	39	43	23	0,44	190	0,48	0,23	15	72
05	ХТЗ-150-05	47	0,35	0,27	40	38	45	24	0,45	180	0,50	0,22	16	88
06	ХТЗ-181	46	0,35	0,26	41	40	44	25	0,46	175	0,52	0,21	15	93
07	МТЗ-1221	45	0,35	0,25	42	39	48	26	0,47	160	0,53	0,2	14	82
08	МТЗ-1523	44	0,40	0,27	40	39	41	27	0,48	170	0,54	0,22	13	84
09	МТЗ-2022	50	0,45	0,27	43	40	48	28	0,50	160	0,56	0,21	12	80

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	ВТ-150	48	0,40	0,25	44	42	46	29	0,52	150	0,58	0,23	14	96
11	ВТ-100	42	0,35	0,27	42	39	47	30	0,54	145	0,6	0,2	16	86
12	Т-250	40	0,30	0,20	40	39	43	31	0,56	140	0,58	0,18	15	54
13	К-744Р-1	54	0,45	0,27	40	39	41	23	0,56	220	0,6	0,26	14	140
14	К-3200	55	0,40	0,25	40	38	46	22	0,50	200	0,58	0,24	12	53
15	ХТЗ-150К-09	52	0,35	0,25	41	40	43	21	0,45	190	0,56	0,25	13	58
16	ХТЗ-17221	50	0,35	0,26	42	41	48	20	0,40	180	0,54	0,23	14	70
17	ХТЗ-150-05	48	0,40	0,27	42	39	46	24	0,45	170	0,52	0,22	13	86
18	ХТЗ-181	51	0,45	0,28	41	39	46	25	0,45	175	0,50	0,21	15	94
19	ХТЗ-150-05	44	0,35	0,23	40	39	47	26	0,50	170	0,55	0,22	14	88
20	МТЗ-1221	45	0,40	0,25	41	38	46	27	0,55	180	0,57	0,23	13	83
21	МТЗ-1523	48	0,45	0,27	42	39	47	28	0,50	190	0,58	0,24	14	85
22	МТЗ-2022	50	0,4	0,27	43	42	46	29	0,45	170	0,56	0,25	12	81
23	ВТ-150	52	0,4	0,25	44	42	46	30	0,45	175	0,54	0,26	14	95
24	ВТ-100	50	0,35	0,23	43	41	45	31	0,40	170	0,52	0,24	12	85
25	Т-250	48	0,30	0,2	42	39	49	28	0,45	160	0,50	0,22	13	54
26	К-744Р1	54	0,45	0,28	41	38	50	30	0,46	120	0,58	0,21	16	137
27	К-3200	55	0,40	0,30	40	38	43	29	0,47	200	0,60	0,22	15	77
28	ХТЗ-150К-09	53	0,40	0,27	39	38	50	28	0,48	180	0,56	0,23	15	84
29	ХТЗ-17221	52	0,40	0,27	40	39	48	27	0,50	175	0,54	0,24	14	73
30	ХТЗ-150-05	50	0,35	0,25	41	39	45	26	0,52	180	0,52	0,25	13	87
31	ХТЗ-181	48	0,35	0,25	42	39	43	25	0,54	190	0,53	0,26	15	92
32	ХТЗ-150-05	46	0,35	0,25	43	41	45	24	0,50	160	0,50	0,25	13	86
33	МТЗ-1221	48	0,40	0,27	44	42	48	23	0,48	175	0,48	0,24	13	83

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
34	МТЗ-1523	50	0,45	0,28	43	41	47	27	0,50	160	0,50	0,23	14	86
35	МТЗ-2022	52	0,40	0,27	42	39	48	26	0,45	150	0,52	0,22	12	78
36	ВТ-150	54	0,35	0,25	41	38	49	27	0,40	145	0,54	0,21	14	94
37	ВТ-100	50	0,30	0,22	40	38	48	24	0,40	140	0,56	0,2	13	86
38	Т-250	48	0,35	0,26	41	39	42	23	0,45	150	0,58	0,21	14	52
39	К-744Р1	56	0,40	0,28	42	40	44	28	0,6	270	0,60	0,24	16	140
40	К-3200	60	0,40	0,25	44	43	47	30	0,52	190	0,42	0,25	15	76
41	ХТЗ-150К-09	51	0,38	0,25	43	41	46	29	0,50	175	0,44	0,24	15	86
42	ХТЗ-17221	53	0,40	0,26	42	40	45	28	0,48	170	0,46	0,22	14	72
43	ХТЗ-150-05	55	0,38	0,25	41	40	44	27	0,46	165	0,48	0,21	13	89
44	ХТЗ-181	49	0,36	0,24	40	39	43	26	0,44	160	0,50	0,20	15	94
45	ХТЗ-150-05	46	0,35	0,22	40	35	45	25	0,42	150	0,50	0,22	14	86
46	МТЗ 1221	55	0,38	0,25	41	40	46	28	0,45	170	0,48	0,21	13	81
47	МТЗ 1523	51	0,38	0,22	40	38	45	29	0,40	180	0,49	0,23	14	85
48	МТЗ-2022	56	0,42	0,24	44	40	53	31	0,54	200	0,42	0,26	13	82
49	ВТ-150	46	0,35	0,22	40	35	45	25	0,42	160	0,50	0,19	14	95
50	ВТ-100	44	0,35	0,24	41	38	46	24	0,40	150	0,48	0,18	13	89
51	Т-250	42	0,30	0,21	42	39	48	23	0,40	145	0,46	0,20	14	53
52	К-744Р1	51	0,36	0,25	43	42	46	20	0,48	160	0,42	0,19	15	138
53	К-3200	56	0,40	0,25	44	42	46	22	0,50	170	0,44	0,22	15	79
54	ХТЗ-150К-09	55	0,38	0,27	41	39	48	32	0,54	165	0,54	0,23	14	87
55	ХТЗ-17221	52	0,36	0,23	40	39	45	32	0,52	160	0,52	0,30	14	74
56	ХТЗ-181	53	0,40	0,25	41	38	48	30	0,50	170	0,51	0,28	15	95
57	ХТЗ-150-05	50	0,35	0,25	42	39	46	28	0,55	180	0,54	0,22	14	88

Продолжение приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
58	МТЗ 1221	52	0,42	0,27	40	38	44	26	0,58	185	0,50	0,21	13	85
59	МТЗ 1523	55	0,40	0,27	41	38	45	24	0,6	190	0,48	0,20	14	86
60	МТЗ 2022	50	0,35	0,25	42	39	45	22	0,5	200	0,44	0,19	13	80
61	ВТ-150	42	0,45	0,25	43	39	47	27	0,60	220	0,56	0,26	15	97
62	ВТ-100	44	0,45	0,24	42	39	46	26	0,6	200	0,54	0,25	15	88
63	Т-250	46	0,42	0,27	41	38	45	23	0,58	200	0,52	0,24	13	54
64	К-744Р1	53	0,42	0,26	42	41	50	31	0,56	170	0,56	0,22	16	138
65	К-3200	51	0,40	0,25	43	41	50	30	0,58	175	0,58	0,23	15	77
66	ХТЗ-150К-09	55	0,38	0,27	41	39	48	32	0,54	170	0,54	0,21	14	83
67	ХТЗ-17221	52	0,36	0,23	40	39	45	32	0,52	165	0,52	0,20	14	74
68	ХТЗ-181	50	0,35	0,24	41	39	46	31	0,50	160	0,50	0,19	15	94
69	МТЗ-1221	41	0,30	0,23	44	40	50	27	0,42	155	0,42	0,18	12	84
70	МТЗ-1523	45	0,30	0,21	43	41	45	29	0,46	150	0,46	0,17	13	87
71	МТЗ-2022	47	0,34	0,27	42	40	45	30	0,48	145	0,48	0,18	14	81
72	ХТЗ-181	56	0,35	0,25	41	38	49	24	0,42	150	0,48	0,19	15	93
73	ВТ-150	50	0,35	0,24	41	39	46	31	0,50	155	0,50	0,20	14	94
74	Т-250	43	0,34	0,27	44	43	48	28	0,44	160	0,44	0,21	15	55
75	ВТ-100	41	0,40	0,22	43	40	50	27	0,42	165	0,42	0,22	15	87
76	К-744Р1	58	0,38	0,26	40	38	48	23	0,44	170	0,50	0,21	16	139
77	К-3200	52	0,43	0,27	42	40	44	20	0,50	175	0,56	0,24	13	76
78	ХТЗ-150К-09	57	0,40	0,25	40	39	43	22	0,46	180	0,52	0,22	15	87
79	ХТЗ-17221	54	0,43	0,26	41	39	44	21	0,48	190	0,54	0,23	14	71
80	ХТЗ-150-05	53	0,45	0,24	43	42	47	20	0,52	200	0,56	0,24	15	88
81	ХТЗ-181	45	0,43	0,22	43	40	48	25	0,60	180	0,52	0,21	14	94

Окончание приложения 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
82	МТЗ-1221	49	0,43	0,24	44	42	48	22	0,56	200	0,58	0,23	13	82
83	МТЗ-1523	47	0,45	0,25	43	39	46	23	0,60	190	0,56	0,24	14	85
84	МТЗ-2022	44	0,40	0,25	42	39	47	24	0,62	175	0,54	0,22	13	79
85	ВТ-150	45	0,43	0,22	43	40	48	25	0,60	170	0,52	0,21	14	94
86	ВТ-100	56	0,40	0,23	41	38	47	26	0,58	165	0,50	0,20	15	84
87	Т-250	53	0,45	0,24	43	40	47	20	0,52	200	0,58	0,25	14	54
88	К-744Р1	58	0,38	0,24	40	39	49	27	0,56	190	0,48	0,24	17	137
89	К-3200	53	0,35	0,27	40	38	43	28	0,54	185	0,46	0,23	14	77
90	ХТЗ-150К-09	50	0,34	0,25	41	39	45	29	0,52	180	0,44	0,22	15	87
91	ХТЗ-17221	51	0,36	0,25	42	41	46	30	0,50	175	0,42	0,21	14	72
92	ХТЗ-181	54	0,40	0,22	43	41	46	31	0,48	170	0,44	0,20	15	95
93	ХТЗ-150-05	50	0,42	0,20	43	42	47	32	0,46	165	0,46	0,19	14	89
94	МТЗ-1221	48	0,40	0,22	44	42	48	31	0,44	160	0,48	0,18	13	82
95	МТЗ-1523	47	0,45	0,25	44	41	49	30	0,42	155	0,50	0,17	13	84
96	МТЗ-2022	43	0,43	0,23	43	40	49	30	0,40	150	0,56	0,18	14	79
97	ВТ-150	41	0,40	0,25	42	40	50	31	0,60	155	0,58	0,19	15	98
98	ВТ-100	57	0,42	0,23	41	39	51	32	0,62	160	0,56	0,20	14	87
99	Т-250	55	0,36	0,24	40	38	52	30	0,60	165	0,50	0,21	13	54
100	К-744Р1	60	0,36	0,24	41	38	45	30	0,55	170	0,50	0,22	16	140

Приложение 2

Расчетные скорости движения и соответствующие им тяговое усилие V, (км/ч) / $P_{КР}$, (КН)

Пере-дача	Марки тракторов											
	К-744Р1	К-3200	ХТЗ-150К-09	ХТЗ-17221	ХТЗ-150К-09	ХТЗ-181	МТЗ-1221	МТЗ-1523	МТЗ-2021	ВТ-150	ВТ-100	Т 250
1	3,6/65	3,7/32	3,36/40	3,72/40	4,85/40	4,26/40	2,1/20	3,73/30	4,0/40	4,0/40	3,3/50	4,0/40
2	4,2/65	4,3/32	3,85/40	4,12/40	5,47/40	4,91/40	4,3/20	4,55/30	5,0/40	5,1/55	3,9/50	5,0/40
3	4,9/65	5,0/30	4,55/40	4,82/40	6,17/40	5,02/40	7,2/18	6,03/30	6,0/40	6,4/50	4,5/50	6,0/40
4	5,8/65	5,9/30	6,03/40	6,23/40	6,74/40	6,2/40	8,9/16	7,45/30	7,0/40	7,1/45	6,5/45	7,0/40
5	7,8/65	7,8/29	7,45/40	7,65/40	7,65/42,5	7,65/40	10,5/15	8,53/30	8,0/40	7,9/40	7,5/37	8,0/40
6	8,6/62,8	8,6/28	8,53/40	8,75/39	8,62/37	8,75/39	12,3/11,5	10,8/23	9,0/37	8,8/35	8,3/31	9,0/37
7	10,3/51	10,1/25	10,8/33,2	10,9/33,3	9,72/32,2	9,5/38	15,1/10	13,36/20,9	10,0/32	10,8/30	9,2/28	10,0/32
8	12,4/41,2	11,9/23	13,36/23,6	13,1/23,6	10,6/29,1	10/36	17,9/7,5	16,27/20,9	11,0/28	-	10,5/25	11,0/28
9	7,8/65	7,9/28	16,27/21,9	16,27/21,9	11,4/26	11,4/30	33,8/6	18,62/19,6	13,36/24	-	-	-
10	9,6/26	18,62/19,6	18,12/19,6	12,9/23,1	12,9/23	-	22,0/15,8	16,27/20,9	-	-	-	-
11	11,3/24	22/15,8	22/15,8	14,5/20	13,5/23	-	30,1/14	18,62/19,6	-	-	-	-
12	12,1/22	30,1/10,2	29,6/10,5	15,8/17,8	15,3/21	-	30,7/13	30,1/15	-	-	-	-

Рекомендуемая литература

1. Есипов, В. И. Основы теории и технологического расчета сельскохозяйственных машин : методические рекомендации / В. И. Есипов, М. Р. Фатхутдинов. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2010. – 72 с.

2. Турбин, Б. Г. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет : учебное пособие / Под ред. Б.Г. Турбина. –М. : Машиностроение, 2007, – 707 с.

3. Турбилин, Е. И. Сельскохозяйственные машины. Конструкция, теория и расчет. Часть 1 : учебное пособие / Е. И. Турбилин, В. А. Абликов, А. П. Салматина, А. Н. Лютый. – 2-е издание, перераб. и дополн. – Краснодар, КГАУ, 2008. – 186 с.

Оглавление

Предисловие 3
1. Цель и задачи курсового проекта 4
2. Содержание пояснительной записки 4
3. Агротехнические требования 5
4. Проектирование пахотного агрегата 7
4.1. Проектирование лемешно-отвальной поверхности корпуса плуга 7
4.2. Проектирование пахотного агрегата 24
5. Организация использования пахотного агрегата 45
5.1. Подготовка плуга к работе 45
5.2. Подготовка поля 48
5.3. Организация работы пахотного агрегата 48
5.4. Контроль качества вспашки 50
5.5. Техника безопасности 51
6. Заключение 51
Приложения 52
Рекомендуемая литература 57

Учебное издание

Парфенов Олег Михайлович
Васильев Сергей Александрович
Иванайский Сергей Александрович
Канаев Михаил Анатольевич

Основы расчета сельскохозяйственных машин

Методические указания для выполнения курсового проекта

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 10.07.2017. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,49, печ. л. 3,75.
Тираж 50. Заказ №195.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарской ГСХА
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 378.147(075)
ББК 40.70 я7
П69

Авторы:
А.М. Петров, В.И. Есипов, Ю.А Савельев, С.А. Иванайский, О.М. Парфенов, С.А. Васильев, С.В. Денисов, А.С. Грецов

П69 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техники : методические указания / А.М. Петров, В.И. Есипов, Ю.А. Савельев, С.А. Иванайский, [и др.]. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 58 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения учебной технологической практики, список рекомендуемой учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Коллектив авторов, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное издание является методическим обеспечением учебной практики студентов обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия.

Практика обучающихся по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется подготовка обучающихся к профессиональной деятельности.

Разработанные методические указания определяют цель и задачи учебной практики, форму организации и специфику выполнения работы.

Цель методических указаний – способствовать закреплению основ теоретического обучения и практических навыков полученных при выполнении практических и лабораторных работ предшествующих учебной практики; подготовка обучающегося к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению исследований в рамках выпускной квалификационной работы.

Настоящее методическое руководство составлено в соответствии с программой по практике по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой и предназначено для выполнения обучающимися работ по выполнению технологии сельскохозяйственных операций. Материал изложен в виде описания сельскохозяйственных машин, их подготовки к работе, агротехнических требований и отдельных заданий.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения учебной технологической практики, список рекомендуемой учебной литературы, контрольные вопросы.

ПАМЯТКА

по технике безопасности обучающемуся при прохождении практики по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой

Общие положения

1. Не приступай к работе до проведения преподавателем или учебным мастером вводного инструктажа на рабочем месте.

2. При переходе на другой вид работы также пройди инструктаж по технике безопасности.

3. Во время работы будь предельно внимательным и аккуратным. Помни, что лихачество, спешка, нарушения трудовой дисциплины ведут к несчастным случаям.

4. Немедленно прекрати работу, если при ее выполнении создался условия, угрожающие жизни или здоровью работающих. Сообщи об этом преподавателю или учебному мастеру.

5. Отдыхая только в установленных местах, помни, что особенно опасно отдыхать в борозде, высокой траве или непосредственно на поле, в копнах соломы, кустарнике.

6. Любые операции по уходу за агрегатом (очистку, смазку, подтяжку креплений), устранение неисправностей и т.п., производи при остановленном агрегате и выключенном вале отбора мощности. При необходимости нужно заглушить двигатель.

7. Во время движения агрегата не спрыгивай и не садись на машину, не переходи с одной машины на другую, не забегай спереди движущегося агрегата.

Правила техники безопасности при обслуживании сельскохозяйственных машин

Почвообрабатывающие машины

1. Очищай рабочие органы специальными чистиками или крючками, в рукавицах, рабочие органы при этом должны быть на поверхность поля или площадки.

2. При смене рабочих органов опасайся порезов острыми кромками.

3. При обслуживании машины, орудия – поднятое его положение нужно обеспечивать не гидроцилиндром, а подставками.

4. Не оставляй зубовые бороны вверх зубьями.

Посевные машины

1. Одновременное обслуживание одним рабочим двух и более сеялок запрещается.

2. При обслуживании сеялок убедись в прочности подножной доски с бортиком спереди и барьером сзади, наличии поручней.

3. Разравнивай семена в семенном ящике деревянной лопатой, очищай высевающие аппараты крючком из проволоки, сошники – металлическим чистиком.

4. Не производи ремонт, замену или регулировку сошников при их поднятом состоянии.

5. Подъем и опускание маркеров производи при остановленном агрегате. Поднятый маркер зафиксируй шплинтом специальной конструкции.

6. Не касайся руками вращающихся элементов конструкции трактора и сельскохозяйственной машины во время ее работы.

Машины для защиты растений

1. Для работы с машинами для защиты растений допускаются люди, имеющие спецподготовку.

2. При работе с ядохимикатами рабочие должны иметь допуск и быть одеты в спецодежду, иметь устройства для защиты органов дыхания.

3. Запрещается работать на опрыскивателе, если давление в нагнетательной сети машины превышает 2,5 МПа (25 кг/см2).

4. После окончания работы, во время перерыва на обед или перед курением необходимо тщательно вымыть лицо и руки.

Правила пожарной безопасности

1. Перед работой проверь наличие на агрегате первичных средств пожаротушения, отсутствие подтекания топлива, наличие пробок на топливных баках.

2. Периодически очищай машину от сгораемых материалов.

3. Заправляй машину топливом в светлое время суток.

4. Периодически смазывай подшипники не допускай их перегрева.

5. Не кури и не пользуйся открытым огнем при заправке машины и вблизи ГСМ.

Оказание первой помощи при несчастных случаях

Исход несчастного случая во многом зависит от своевременно и правильно оказанной первой помощи.

При порезах и других травмах, связанных с повреждением кожи, обработай рану ватным тампоном, смоченным йодной настойкой и наложи тугую повязку чистым бинтом, марлей.

При сильных кровотечениях конечностей наложи жгут выше поврежденного места и затягивай его до прекращения кровотечения. При транспортировке пострадавшего в течение длительного времени или до прибытия медицинского работника периодически ослабляй жгут для оттока крови.

При переломах конечности наложи шину (деревянную рейку), слегка вытянув переломанную конечность. При отсутствии шины перибинтуй к туловищу руку, ногу – к здоровой ноге.

При ожогах обработай края обожженного участка кожи ватным тампоном, смоченным спиртом, перекисью водорода или раствором марганцево-кислого калия. Наложи на обожженный участок чистую сухую повязку, не затягивая её туго.

При попадании на кожу агрессивных жидкостей (кислот, растворов ядохимикатов) быстро промой пораженный участок содовым раствором, а затем обильно промой водой.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ

При выполнении заданий обучающиеся должны повторить или изучить, если необходимо, конструкцию машины, ее работу и регулировки, освоить приемы управления трактором и сельскохозяйственной машиной, подготовить агрегат к работе, уяснить и определить при работе агрегата на полигоне его качественные

показатели. Особое внимание нужно уделять вопросам техники безопасности при работе отдельных машин и агрегатов в целом.

Все работы выполняется самостоятельно группой обучающихся или звеном из нескольких человек под руководством преподавателя и учебного мастера.

Обучающиеся для выполнения работ должны использовать площадки в учебном парке для регулировки машин, полигон для выполнения сельскохозяйственных операций, учебное оборудование и литературу, списки которых приводятся в каждом задании.

Пользуясь литературой, обучающиеся вначале усваивают теоретические вопросы задания, затем с указанным оборудованием готовят агрегат к работе в поле. После этого, они вслед за агрегатом выходят (или выезжают) на полигон для определения качественных показателей работы машин. В процессе выполнения полевых работ обучающиеся, определенные звеньевым, записывают результаты измерений, составляют необходимые схемы, таблицы, графики. По каждой работе все обучающиеся должны составить отчет, который оформляется в печатном виде, его содержание и объем определены заданием. При сдаче зачета оформленный отчет предъявляется преподавателю.

РАБОТА № 1. ПОДГОТОВКА НАВЕСНОГО ПЛУГА К РАБОТЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО РАБОТЫ В ПОЛЕ

1. Задание.

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить навесной плуг ПЛН-5-35 к работе и отрегулировать его на заданные параметры работы.

1.1.2. Определить показатели работы плуга в поле (на полигоне).

1.2. Содержание работы.

Повторить назначение, техническую характеристику, устройство, технологический процесс работы плуга ПЛН-5-35.

Повторить регулировки плуга.

Подготовить плуг к работе.

Выполнить регулировки плуга на площадке в учебном парке.

Уяснить показатели работы плуга.

1.2.6. Проверить качество работы плуга в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Технологические регулировки плуга ПЛН-5-35 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.avtomash.ru/katalog/pred/sht/sem/pln535_pas.html?PHPSESSID=gr3fq5ch10da9m7qckr9o3aes2 – Загл. с экрана.

1.3.3. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 1.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Инструмент	Количество
Пахотный агрегат	1
Лента металлическая 20 м	1
Рулетка 10 м	1
Колышки деревянные длиной 1 м (вешки)	5
Колышки деревянные длиной 50 см	20
Бороздомер	2
Секундомер	1
Шпагат	50
Шприц для смазки	1
Линейка металлическая 40 см	2
Комплект слесарного инструмента	1
Угольник деревянный	1
Монтировка	1
Подставка под опорное колесо плуга	1

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках плуга, выявленных при подготовке его к работе, способы устранения этих недостатков.

– порядок регулировки плуга на заданную глубину вспашки.

– описать показатели работы плуга, их определение, числовые значения показателей при работе пахотного агрегата (таблицы), средние значения показателей сравнить с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснения к работе № 1

2.1. Назначение плуга ПЛН-5-35

Навесной плуг ПЛН-5-35 применяется для вспашки старопахотных почв на глубину до 0,30 м.

2.2. Техническая характеристика плуга ПЛН-5-35

Таблица 1.2

Техническая характеристика и устройство плуга ПЛН-5-35

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
Ширина захвата	м	1,75
Глубина обработки	м	до 0,30
Рабочая скорость	м/с; км/ч	до 2,7; 10
Производительность в час чистой работы в агрегате с трактором ВТ-100 в агрегате с трактором Т-150	га/час	 0,76 1,29
Предельное удельное сопротивление почвы	кН/см^2	9
Ширина поворотной полосы	м	12
Дорожный просвет	м	0,25
Расстояние: от опорной поверхности корпуса до нижней плоскости рамы между носками лемехов по ходу плуга	мм	 620 800
Масса	кг	660

2.3. Общее устройство плуга ПЛН-5-35

Плуг ПЛН-5-35 включает в свою конструкцию следующие основные узлы: рама, корпуса, предплужник, дисковый нож, опорное колесо, навеска и прицепка для борон.

Рабочие органы плуга

Основные рабочие органы плугов, установленных на раме: основной корпус, предплужник, дисковый нож.

Вспомогательные рабочие органы и механизмы: опорно-регулировочное колесо, навесное устройство, подъемно-установочные механизмы колес.

Плуг оснащен приспособлением для присоединения борон или катка. Агрегатируется с тракторами тягового класса 30 кН.

Агрегат обслуживается одним механизатором.

Рама треугольной формы, безгрядильная. Рама плуга состоит из основного бруса, поперечного бруса и продольного (Рис.1).

Конструкция корпуса позволяет значительно расширить область применения плуга, комплектуя его сменными деталями различных форм отвально-лемешных поверхностей, а также почвоуглубителями и выдвижными долотами. При этом заменяются только башмаки с отвалом, лемехом и полевой доской.

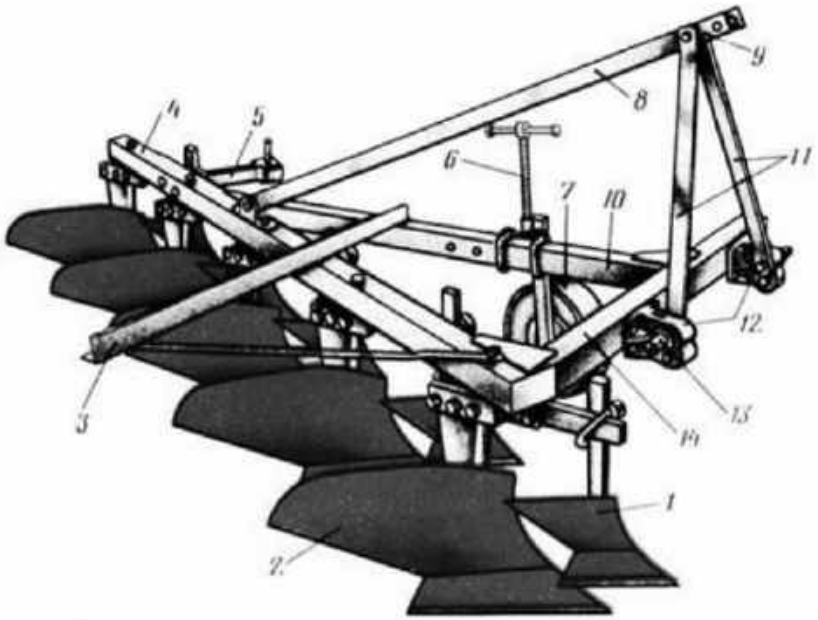


Рис.1. Общий вид навесного плуга:
1 – предплужник; 2 – корпус; 3 – прицепка для борон; 4 – балка жесткости; 5 – дискового ножа; 6 – винт регулировки глубины вспашки; 7 – опорное колесо; 8 – раскос; 9 – присоединительная проушина; 10 – продольная балка; 11 – подкосы навески; 12 – кронштейны присоединительных пальцев; 13 – присоединительные пальцы; 14 – поперечный брус рамы

Основной корпус плуга

Основной корпус плуга состоит из стойки, отвала, лемеха, башмака и полевой доски.

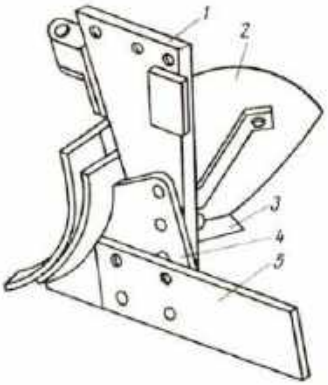


Рис. 2. Основной корпус плуга:
1 – стойка; 2 – отвал; 3 – лемех; 4 – башмак; 5 – полевая доска

Предплужник

Предплужник – это дополнительный рабочий орган, применяется с основным рабочим органом.

Предплужники скоростные с усиленной стойкой, регулируемые по высоте, устанавливают их впереди каждого корпуса на кронштейнах, закрепленных к стойкам корпусов.

Предплужник состоит из лемеха, отвала, стремянки, державки и стойки.



Рис.3. Предплужник:
1 – лемех; 2 – отвал; 3 – стремянка; 4 – державка; 5 – стойка

Дисковый нож

Дисковый нож расположен перед полевым обрезом последнего корпуса, закреплен шарнирно на консоли и вращается на двух шарикоподшипниках одноразовой смазки.

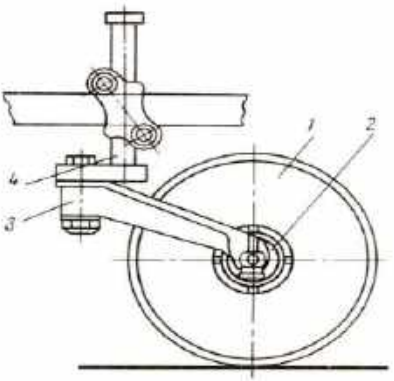


Рис.4. Дисковый нож:
1 – диск; 2 – ступица; 3 – вилка; 4 – стойка

Навесные устройства плуга

Навесные устройства плуга могут быть в классическом исполнении и в виде замка автосцепки.

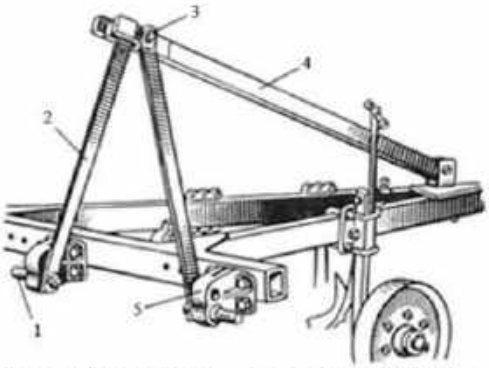


Рис.5. Классическое навесное устройство:
1 – палец; 2 – стойка; 3 – болт; 4 – догружатель; 5 – кронштейн

Классическое навесное устройство состоит из пальца, стойки, болта, догружателя, кронштейна.

Навесное автосцепное устройство состоит из замка, догружателя, рукоятки, щеки, пальца, рамки, фиксатора.

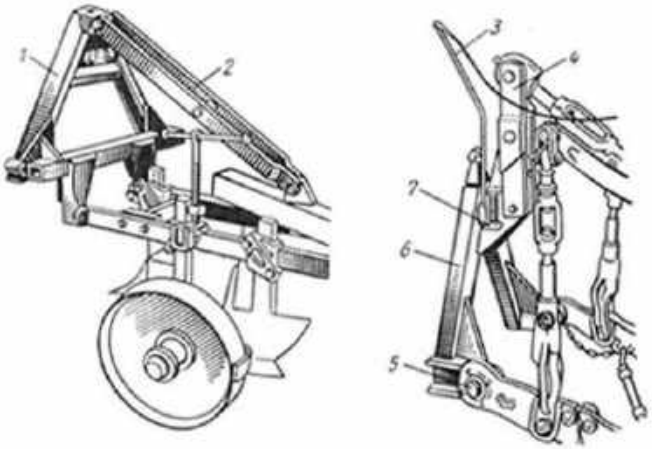


Рис.6. Навесное автосцепное устройство:
1 – замок; 2 – догружатель; 3 – рукоятка; 4 – щека;
5 – палец; 6 – рамка; 7 – фиксатор

Опорное колесо

Опорное колесо, служащее для установки глубины вспашки при помощи винтового механизма, смонтировано на полуоси, вращается на двух конических роликоподшипниках и закреплено при помощи стойки на раме плуга. На стойке имеется условная шкала для ориентировки при определении глубины пахоты.

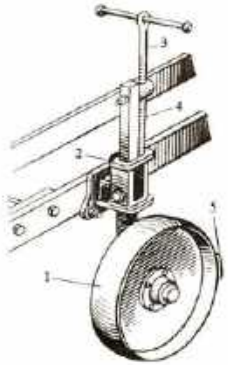


Рис.7. Опорно-регулировочное колесо с механизмом установки:
1 – опорно-регулировочное колесо; 2 – кронштейн;
3 – винт; 4 – стойка; 5 – чистик

Технологический процесс работы навесного плуга ПЛН-5-35

Пахотный агрегат заезжает на загонку с плугом в транспортном положении. При движении агрегата плуг переводится в рабочее положение, каждый лемех заглубляется и подрезает пласт почвы, предварительно крошит его и транспортирует на отвал, где пласт дополнительно крошится, оборачивается на определенный угол и отбрасывается направо. При этом пожнивные остатки сбрасываются с поверхности поля на дно борозды. Для улучшения качества заделки пожнивных остатков и крошения почвы, установленный перед каждым корпусом предплужник срезает пласт почвы на глубину 1/3 глубины основной обработки и шириной 2/3 ширины захвата основного корпуса и сбрасывает срезанный объем на дно борозды формируемой впереди идущим основным корпусом.

На границе вспаханного и невспаханного участка поля перед последним корпусом устанавливается дисковый нож, обеспечивающий стабильность работы последнего корпуса и в целом всего плуга.

В конце загонки, в движении плуг переводится в транспортное положение. Глубина обработки регулируется опорно-регулировочным колесом.

2.4. Подготовка к работе и регулировки плуга ПЛН-5-35

При подготовке плуга к работе проверяют правильность его сборки и техническое состояние, расстанавливают рабочие органы на раме, подготавливают также трактор и соединяют его с плугом, настраивают агрегат на заданные условия пахоты.

Перед подготовкой плуга к работе нужно тщательно проверить его комплектность, очистить рабочие поверхности от смазки, растительности и налипшей почвы, смазать все трущиеся части в соответствии с заводской инструкцией, подтянуть, если это необходимо, резьбовые соединения.

Качество сборки плуга, его рабочих органов и механизмов проверяется на ровной площадке.

Правильно собранный корпус плуга должен удовлетворять следующим требованиям:

Полевые обрезы лемеха и отвала должны лежать в одной вертикальной плоскости и выступать за поверхность стойки на 5-6 мм. Отклонение верхней точки полевого обреза отвала от вертикальной плоскости допускается в сторону пашни не более 10 мм.

Отклонение плоскости полевого обреза отвала в сторону непаханого поля не допускается.

Полевая доска должна лежать в плоскости, параллельной движению агрегата. Отклонение пятки полевой доски в сторону борозды не более 5 мм.

Лезвие лемеха должно быть острым. Толщина лезвия лемеха не более 1 мм. Тупое лезвие может привести к резкому увеличению тягового сопротивления плуга.

Поверхность отвала не должна иметь трещин, царапин и вмятин.

Стык лемеха с отвалом на рабочей поверхности не более 1 мм. Превышение отвала над лемехом не допускается; превышение лемеха над поверхностью отвала не более 2 мм.

Головки лемешных болтов и болтов, крепящих отвал и полевую доску, должны лежать заподлицо с поверхностями. Допускается лишь их утопание на 1 мм, выступание головки над поверхностями не допускается.

Требования к собранному предплужнику, в основном, аналогичны требованиям к корпусу.

После проверки рабочих органов плуг устанавливают на ровной площадке так, чтобы корпусы касались лезвиями лемехов поверхности площадки, а рама плуга была горизонтальна.

Далее проверяется правильность расстановки лемехов. Лезвия лемехов должны быть параллельны, а пятки и носки лемехов должны лежать на двух параллельных прямых. Это проверяется протягиванием шпагата через носки и пятки лемехов. Отклонение не должно превышать ±5 мм.

Линия, соединяющая носок лемеха и задний конец полевой доски, должна быть параллельна направлению движения агрегата, т.е. должна лежать в плоскости полевой стороны корпуса. Отклонение заднего конца полевой доски в сторону борозды допускается не более чем на 5 мм.

У долотообразных лемехов носок должен располагаться на 10 мм ниже пятки лемеха и заднего конца полевой доски и выступать в сторону поля на 5 мм.

Далее проверяется правильность расстановки лемехов.

Долотообразные лемеха должны соприкасаться с площадкой только носками; причем правые концы их должны быть подняты над поверхностью площадки на 10 мм. Лезвия лемехов у всех

корпусов должны: быть параллельны, носки лемехов и правые их концы – лежать на двух параллельных прямых. Это проверяется протягиванием шпагата через носки и правые концы лемехов. Отклонение носков и правых концов лемехов от шпагата должно быть не более ±5 мм. Большие отклонения объясняются, чаще всего, деформациями стоек корпусов и рамы плуга, эти деформации следует устранить.

Линия, соединяющая носок лемеха и задний конец полевой доски, должна быть параллельна направлению движения агрегата, т.е. должна лежать в плоскости полевой стороны корпуса. Отклонение заднего конца полевой доски в сторону борозды допускается не более чем на 5 мм.

После проверки рабочих органов производится их установка. Установка рабочих органов на плуге сводится к расстановке предплужников и дискового ножа.

Установка предплужника и дискового ножа

Предплужники устанавливают на раме плуга так, чтобы пласты с корпусов свободно проходили в промежутках между предплужниками и основными корпусами.

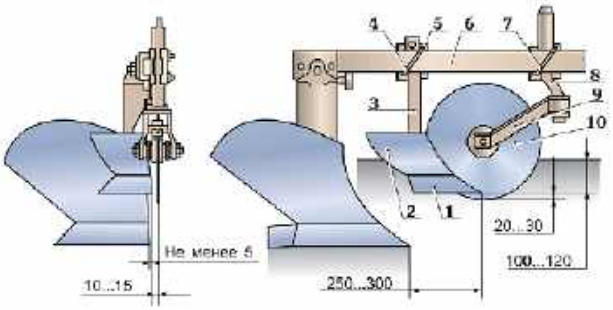


Рис.8. Установка предплужника и дискового ножа:
1 – лемех; 2 – отвал; 3 – стойка; 4, 7 – скобы; 5 – державка; 6 – грядиль; 8 – коленчатая стойка; 9 – вилка; 10 – диск

Для этого расстояние от носка лемеха предплужника до носка лемеха основного корпуса по ходу плуга должно быть 0,25...0,30 м при ширине захвата корпуса 0,35 м. По высоте предплужник должен быть зафиксирован в бобышках державки так, чтобы он, заглублялся в почву на 0,10...0,12 м. Для этого лезвие лемеха предплужника должно быть выше лезвия лемеха основного корпуса

на 0,10 м при глубине вспашки 0,20 м, на 0,12 м при 0,22 м, на 0,15 м – при 0,25 м и на 0,17 м – при глубине вспашки 0,27 м. Полевой обрез предплужника должен лежать в плоскости полевого обреза основного корпуса; допускается отклонение в сторону не паханого поля до 15 мм.

Дисковый нож должен быть установлен впереди предплужника так, чтобы диск был вынесен в сторону поля от левого обреза основного корпуса на 0,01...0,02 м, а от края предплужника на – 0,01 м. Центр диска устанавливается над носком лемеха предплужника; нижняя точка лезвия диска должна быть на 0,02...0,03 м ниже носка.

2.5. Подготовка трактора ВТ-100 к работе с плугом ПЛН-5-35

Подготовка трактора ВТ-100 к работе с плугом ПЛН-5-35 сводится к установке механизма навески трактора и навешиванию плуга. Механизм навески трактора должен быть установлен по двухточечной схеме. Втулки крепления нижних продольных тяг и верхней центральной тяги смещают на 140 мм вправо от продольной оси симметрии трактора и скобами закрепляют на осях. Раскосы закрепляют справа от рычагов подъема. Болт, соединяющий рычаг штока гидроцилиндра с рычагом подъема, необходимо вынуть во избежание поломки плуга во время вспашки при переводе рычага распределителя в положение «опускание», трактор ВТ-100 с подготовленной навеской подают задним ходом к плугу, надевают шаровые шарниры нижних продольных тяг навески на пальцы подвески плуга и стопорят их быстросъемными штырями. Соединяют верхнюю тягу навески трактора с подвеской плуга. Изменением длины правого раскоса устраняет перекос рамы плуга в поперечной плоскости; длина левого устраняет перекос рамы плуга в поперечной плоскости; длина левого раскоса должна быть 720...770 мм. Перекос рамы плуга в продольной плоскости устраняют изменением длины верхней центральной тяги навески.

Регулирование устойчивости хода плуга. Для устойчивости хода плуга в борозде необходимо присоединить плуг к трактору так, чтобы линия действия силы тяги пересекала след центра тяжести плуга и шарнир крепления нижних тяг к трактору. Следом центра тяжести (СЦТ) называют точку пересечения с горизонтальной площадкой перпендикуляра из центра тяжести плуга.

СЦТ находится посередине линии, соединяющей носки первого и последнего лемехов.

В транспортном положении под первым корпусом должен быть транспортный просвет не менее 250 мм. Длину ограничительных цепей регулируют так, чтобы концы нижних продольных тяг в транспортном положении плуга имели боковое качание не более 20 мм в каждую сторону. Плуг отсоединяется от трактора в порядке, обратном навешиванию.

2.6. Предварительная установка навесного пахотного агрегата на заданную глубину вспашки

Навесной пахотный агрегат с трактором ВТ-100 и плугом ПЛН-5-35 на заданную глубину вспашки настраивают на ровной площадке. Сущность этой настройки в том, что трактор и плуг устанавливают в такое взаимное положение, какое они будут занимать в поле при вспашке. Обе гусеницы трактора должны стоять на брусках, высота которых равна разности заданной глубине вспашки и глубины колеи (0,015...0,02 м). Под опорное колесо плуга ставят брус, высота которого соответствует заданной глубине вспашки минус 0,02...0,03 м. Предплужники и дисковый нож устанавливают в соответствии с принятой глубиной вспашки.

Плуг опускают так, чтобы носки лемехов всех корпусов касались площадки. В этом случае рама будет параллельна, площадке как в продольной, так и в поперечно-вертикальной плоскостях и лезвия лемехов также будут параллельны площадке. Если рама плуга не параллельна площадке, то, изменяя длину верхней центральной тяги и правого раскоса, добиваются этой параллельности.

2.7. Регулировка навесного плуга в поле при вспашке

При первом проходе пахотного агрегата правый раскос навески трактора укорачивают так, чтобы первый корпус пахал наполовину заданной глубины. При втором проходе правым раскосом устраняют перекос рамы в поперечно-вертикальной плоскости. При втором и последующих проходах агрегата проверяют и корректируют глубину вспашки и ширину захвата плуга, а также устраняют перекосы рамы плуга. При вспашке с трактором ВТ-100

расстояние от правого края гусеницы до стенки борозды должно быть 100...150 мм. Перекос рамы в поперечной плоскости устраняют изменением длины правого вертикального раскоса механизма навески трактора, а в продольной плоскости- изменением длины верхней центральной тяги (если передние корпуса пашут глубже задних, верхнюю тягу удлиняют, и наоборот). Глубину вспашки изменяют механизмом опорного колеса. При перекосах рамы в горизонтальной плоскости нарушается конструктивная ширина относительно стенки борозды. Если плуг все же разворачивает, то на задние болты между полевыми досками и стойками корпусов устанавливают шайбы толщиной 3 или 4 мм.

При выполнении последнего прохода в загонке плуг устанавливают так, чтобы передний корпус шел на заданной глубине, а задний скользил по поверхности пашни или работал на минимально возможной глубине (верхняя центральная тяга навески трактора укорачивается).

2.8. Контроль качества вспашки

Качество пахоты определяется по трем основным показателям: по глубине пахоты, выравненности и гребнистости поверхности поля. При оценке качества работы нужно учитывать также дополнительные показатели: заделку растительных остатков, удобрений, глыбистость и слитность пашни, степень оборота пласта, отсутствие огрехов и недовалов пласта, обработка поворотных полос, прямолинейность борозд. Эти показатели определяются в соответствии с СТО АИСТ 4.1 - 2004 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ «Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И ОРУДИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ. Методы оценки функциональных показателей.

При втором (третьем и т.д.) проходе агрегата определяют среднюю ширину захвата плуга, которая не должна отличаться от конструктивной более чем на 10%. Для этого на не вспаханной стороне поля, отступив от стенки борозды на величину несколько большую, чем ширина захвата плута, устанавливают колышки, замеряют расстояние от колышков до стенки борозды до и после прохода агрегата. Разница замеров дает фактическую ширину захвата. Делают 10...15 таких замеров через 5 м и определяют среднее значение ширины захвата плуга.

Глубину обработки проверяют бороздомером или линейкой в открытой борозде, а также на вспаханном поле (по диагонали поля), погружением в выровненный вспаханный слой деревянного или стального стержня до дна борозды. Рекомендуется сделать не менее 15...20 замеров через 2…4 м с точностью до 0,5 см и вычислить среднее значение глубины вспашки. Отклонение средней глубины вспашки от заданной допускается в пределах 0,02 м.

Выравненность поверхности пашни определяют с помощью связанных шнура и рулетки. Посреди вспаханного поля, перпендикулярно движению агрегата, на расстоянии 10 м друг от друга растягивают шнур длиной 10 м. Шнур повторит все неровности поля, поэтому второй его конец не дойдет до второго колышка. Расстояние в дециметрах от второго колышка до конца шнура называют коэффициентом неровности поля и выражают в процентах. Допустимое значение коэффициента не более – 0,72 или 0,07 м.

Гребнистость поверхности поля, определяют обычно визуально, осматривая гребни и борозды. Можно измерить линейкой высоту гребней. Рекомендуется сделать 10...15 замеров. Среднее значение высоты гребней не должно превышать 7 см.

В практике работы пахотных агрегатов дополнительные показатели качества вспашки (оборот пласта, заделка растительных остатков и удобрений, наличие огрехов и недовалов пластов, глыбистость и слитность) определяют визуально осмотром вспаханного поля по диагонали.

При работе пахотного агрегата определяется его производительность. Она выражается формулой:

$$W = 0{,}1 \times B \times V, \text{ (га/ч)} \qquad (1.1)$$

где W – производительность агрегата га в час чистого времени работы, га/ч;

B – ширина захвата плуга, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч.

Для определения скорости движения агрегата в начале участка и в конце устанавливаются два колышка с расстоянием между ними, например 50 м. Затем с помощью секундомера определяется время прохождения агрегатом этих 50 м в рабочем положении плуга. Фиксация времени производится в моменты прохождения какой-либо одноименной точки агрегата против колышка.

3. Порядок, выполнения работы

3.1. Выполните пункты задания 1.2.1, 1.2.2, 1.2.5.

3.2. Навесить плуг на трактор, поставить агрегат на ровную площадку, опустить на нее плуг.

3.3. Используя необходимое оборудование (пахотный агрегат, комплект слесарного инструмента, шприц, монтировку, подставку под колесо, деревянный угольник, линейку металлическую, шпагат) выполнить пункты задания 1.2.3 и 1.2.4, т.е. подготовить плуг и трактор к работе, и произвести предварительную регулировку плуга на заданную глубину вспашки.

3.4. Выехать на полигон и произвести припашку плуга, т.е. выполнить первый проход в соответствии с п. 2.5. Длинными колышками обозначить линию первого прохода.

3.5. При втором, если необходимо, и при третьем проходе агрегата, в соответствии с литературой 1.3.1 и соответствующем оборудовании (лента металлическая 20 м, рулетка 10 м, шпагат, колышки 50 см, бороздомер, секундомер и др.) выполнить пункт 1.2.6 задания, т.е. определить показатели работы пахотного агрегата:

– ширину захвата плуга;
– скорость движения агрегата;
– производительность пахотного агрегата;
– глубину вспашки;
– выравненность поверхности пашни;
– гребнистость поверхности вспаханного поля.

При определении ширины захвата данные необходимо занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Определение ширины захвата плуга

Номер колышка	Расстояние от колышка до стенки борозды до прохода агрегата, B_{K1}, м.	Расстояние от колышка до стенки борозды после прохода агрегата, B_{K2}, м.	Ширина захвата плуга, B_i, м.
1 2 3 4 5			
Среднее значение			

Ширина захвата определяется по формуле

$$B_i = B_{K1} - B_{K2}, \text{ м.} \quad (1.2)$$

Средняя ширина захвата определяется по формуле

$$B_{CP} = \frac{\sum B_i}{n}, \text{ м,} \quad (1.3)$$

где B_i – ширина захвата агрегата, м

n – число замеров.

Скорость движения агрегата определять с 3-х кратной повторностью

$$\upsilon = 3{,}6 \times \frac{S}{t}, \text{ км/ч,}$$

где S – длина участка, м;

t – время прохождения участка, с (время определять для 3-х проходов агрегата);

3,6 – переводной коэффициент.

Производительность агрегата:

$$W = 0.1 \times B \times V(га/ч)$$

Глубину обработки замерять бороздомером или линейкой в открытой борозде напротив колышков, установленных для замера ширины захвата. Данные занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4

Глубина обработки

	Номер колышка			
	1	2	3	...
Глубина вспашки				
Среднее значение				

Выровненность поверхности пашни определяют в соответствии с методикой, изложенной в пункте 2.5. Значение коэффициента неровности поля определять в 3- местах прохода агрегата.

Данные вписать в таблицу 1.5.

Таблица 1.5

Выравненность поверхности пашни

№ п/п	Коэффициент неровности поля	Среднее значение коэффициента неровности поля

Гребнистость поверхности вспаханного поля определять напротив установленных колышков. Данные записать в таблицу 1.6.

Таблица 1.6

Гребнистость поверхности

	Номер замера			
	1	2	3	...
Значение высоты гребня				
Среднее значение				

3.6. Для обеспечения при выполнении задания и ускорения работы звеньевой, намечаемый преподавателем из студентов, распределяет обязанности среди членов звена: одни определяют скорость движения агрегата, другие – ширину захвата, третьи – глубину обработки и т.д. В подготовке агрегата к работе и его регулировках принимают участие студенты всего звена.

После выполнения задания необходимо оформить отчет в соответствии с требованиями пункта 1.5.

3.7. После снятия показателей убрать все колышки и пахотным агрегатом сделать столько рабочих проходов, чтобы ширина вспаханного поля была не менее 20 м (для обеспечения в дальнейшем работы с культиваторами, сеялками).

3.8. После снятия показателей на полигоне вернуться в учебный парк, поставить плуг на площадку и, если необходимо, рассоединить его с трактором.

РАБОТА 2. ПОДГОТОВКА ЗУБОВЫХ БОРОН К РАБОТЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ РАБОТЫ

1. Задание

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить зубовую борону (БЗСС-1,0 или БЗТС-1,0) к работе и отрегулировать ее.

1.1.2. Определить показатели работы зубовой бороны в поле (на полигоне).

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить назначение, техническую характеристику, устройство, технологический процесс работы зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0).

1.2.2. Повторить регулировки бороны.

1.2.3. Подготовить борону к работе и отрегулировать ее.

1.2.4. Уяснить агротребования к боронам и показатели их работы.

1.2.5. Проверить качество работы бороны в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие.- Ч. 1/В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 2.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Инструмент	Количество
Трактор	1
Культиватор	1
Зубовая борона (БЗТС-1,0 или БЗСС-1,0).	4
Комплект слесарного инструмента	1
Рулетка 2м	1
Линейка металлическая 40 см	2
Рейки деревянные длиной 1м	4

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках бороны, способы устранения недостатков.

– порядок регулировки бороны.

– описание агротребования к зубовым боронам, порядок определения показателей работы бороны, привести таблицы с данными, по каждому показателю сделать вывод.

2. Пояснения к работе № 2

2.1 Назначение зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

Борона предназначена для рыхления почвы и выравнивания поверхности поля, дробления комков, уничтожения всходов сорняков, а также для боронования всходов зерновых и технических культур.

Бороновальные агрегаты комплектуются тракторами класса тяги (0,9-5 т) 9-50 кН и различными сцепками: СГ-21, С-11У, СП-11, СП-16, а также с отдельными орудиями (культиваторами, плугами и т.д.).

2.2. Краткая техническая характеристика БЗСС-1,0

Таблица 2.2

Краткая техническая характеристика БЗСС-1,0

Показатель	Значение показателя
Ширина захвата, м	1
Число зубьев, шт	20
Давление на один зуб, Н	22
Рабочая скорость, км/ч	до 12
Шаг зубьев по следу, мм	50

2.3. Устройство зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

Зубовая борона состоит из прямых прямоугольных планок *4* и планок швеллерообразного профиля *3*, расположенных под углом, (Рис.9), а на их пересечении закреплены зубья *1*.

В передней и задней частях поперечно- фронтальные полосы снабжены приспособлениями для соединения бороны со сцепкой или штильвагой. При агрегатировании борон со сцепками С-11У, СП-11, СП-16 их соединяют в звенья по три штуки посредством штильваг. При агрегатировании со сцепкой СГ-21 бороны присоединяют к брусу двумя параллельными тягами.

Зубья квадратного сечения 16х16 мм, изготовленные из ст.45. рабочий конец зуба имеет односторонний скос. Зубья образует на поверхности почвы отдельную борозду. Расстояние между бороздками 50 мм.



Рис.9. Борона зубовая (общий вид):
1 – зуб бороны; 2 – проушина; 3 – корытообразная планка;
4 – прямоугольная планка

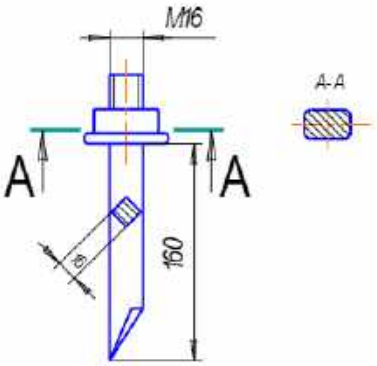


Рис.10. Зуб бороны ЗБП-0,6

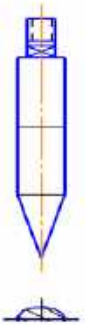


Рис.11. Зуб бороны БЗСС-1

При движении вертикальной гранью вперед зубья заглубляются глубже, скошенным срезом по ходу движения – мельче.

Для достижения равномерной глубины обработки по всей длине бороны, при агрегатировании со сцепками С-11У, длину прицепов устанавливают в пределах угла трения почвы о сталь.

2.4. Технологический процесс работы зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

При работе бороны могут выполнять следующие технологические процессы: рыхлят комки и глыбы почвы после вспашки, рыхлят, выравнивают почву после культивации, рыхлят почвенную корку, вычесывают сорняки, заделывают удобрения и семена.

2.5. Подготовка зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0) к работе и их регулировки

Исправность борон, их техническое состояние проверяется на ровной площадке. Изогнутые зубья и планки необходимо выровнять или заменить. Положить борону на площадку зубьями вниз: зубья, которые не доходят до поверхности площадки на 10 мм и более, следует оттянуть в кузнице или заменить новыми, допускается изгиб зуба, отклоняющий его от вертикали не более 3 мм. Расстояние между вертикальными плоскостями в которых находятся концевики зубьев должно быть около 50 мм, т.е. каждой зуб должен проводить собственную бороздку с интервалом между ними 50 мм. Толщина заостренной части зуба должна быть не более 2 мм. Они на раме должны располагаться так, чтобы одна диагональ сечения (квадрата) зуба располагалась по ходу движения бороны, другая перпендикулярно. Для устойчивого хода бороны необходимо чтобы тяги прицепов, штильваги и цепи звеньев были такой длины, при которой линия тяги направлена под углом 10-15° к горизонту. Длина тяг и цепей всех звеньев борон должна быть одинаковой. При правильно выбранной длине тяг борона не должна выглубляться из почвы задним иди передним зубьями. Все зубья борон должны быть установлены скосом в одну сторону: при боронованиии зяби скосом назад, что дает большее заглубление при работе, а при боронованиии посевов – скосом вперед.

2.6. Показатели работы зубовых борон, контроль качества их работы

Бороновальные агрегаты должны двигаться поперек вспашки или под углом к ней, при предпосевном боронованиии – поперек или под углом к предполагаемому направлению сева, боронование посевов – под острым углом к направленно рядков. При работе

борон с орудиями или машинами (плугами, культиваторами и др.) схемы их движения определяется движением орудий машин (плугов, культиваторов).

Агротехнические требования (показатели работы)

Поверхностный слой почвы должен быть равномерно раскрошен – преобладание комков диаметром 2-2,5 см.

Отклонение средней фактической глубины обработки от заданной не более 0,01 м.

Выровненность поверхности (высота гребней): на пашне – не более 0,03 м. на посевах зерновых – не более 0,02 м. Повреждение и засыпание растений – не более: 5%. Перекрытие смежных проходов 0,10...0,15 м. Огрехи и необработанные полосы – не допускается. Качество боронования определяется по трем основным показателям: глубине рыхления, выровненность поверхности и комковатости.

Глубина рыхления измеряется в 10 местах по диагонали участка. Средняя глубина рыхления должна быть не менее 0,04 м.

Выравненность поверхности почвы определяется в 10 местах по диагонали участка. Высота гребней и глубина борозд должна быть не более 0,03 м.

Комковатость – количество глыб крупнее 0,04 м на 1 м^2. Их должно быть не более 4 на 1 м^2. Она определяется наложением рамки в 1 м^2 в 10 местах по диагонали участка. Площадку в 1 м^2 можно приближенно получить с помощью линейки или реек длиной 1 м.

При оценке качества работы на боронование необходимо учитывать также и другие показатели: огрехи и пропуски, наволоки от прохода борон, Обработку поворотных полос. Дополнительные показатели определяются визуально.

3. Порядок выполнения работы

В учебном парке удобнее составлять не специальные бороновальные агрегаты, а комбинированные, т.е. присоединять бороны к культиватору.

В этом случае показатели работы борон можно определять вслед за определением показателей работы культиватора, но можно – отдельно (это будет зависеть от того, какие задачи перед звеном поставит преподаватель). Следовательно:

3.1. Используя литературу 1.3.1, выполнить пункты 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4 задания.

3.2. Пользуясь необходимым инструментом в соответствии с пунктом 2.2, подготовить бороны к работе и предварительно выполнить их регулировки (пункт 1.2.3).

3.3. Навесить бороны на культиватор, присоединить его трактору и выехать на полигон.

Таблица 2.3

Глубина рыхления

Номера замеров	1	2	3	4	...	9	10
Глубина рыхления, см							
Средняя глубина							

Таблица 2.4

Выравненность поверхности почвы

Номера замеров	1	2	3	4	...	9	10
Выравненность поверхности, см.							
Средняя выравненность							

3.4. При проходе по вспаханному участку, работу борон можно определить одновременно с культивацией или без нее. Определяемыми показателями работы борон является: глубина рыхления (табл. 2.3), выравненность поверхности почвы (табл. 2.4), комковатость (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Комковатость

Номера замеров	1	2	3	4	...	9	10
Комковатость							
Средняя комковатость							

3.5. Также замерить с 3-х кратной повторностью ширину захвата бороны и расстояние между следами соседних зубьев с целью определения правильности ее хода.

3.6. После выполнения задания необходимо оформить отчет в соответствии с требованиями.

РАБОТА № 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СПЛОШНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО РАБОТЫ В ПОЛЕ

1. Задание.

1.1. Цель работы

1.1.1. Подготовить культиватор для сплошной обработки почвы, КБМ-4,2 к работе и отрегулировать его на заданные параметры работы.

1.1.2. Определить показатели работы культиватора в поле (на полигоне):

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить назначение, техническую характеристику, общее устройство и технологический процесс работы культиватора КБМ-4,2.

1.2.2. Повторить регулировки культиватора.

1.2.3. Подготовить культиватор к работе.

1.2.4. Отрегулировать культиватор на площадке в учебном парке.

Уяснить агротребования к культиватору и показатели его работы.

Определить показатели работы культиватора, в поле (на полигоне)

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации культиватора КБМ – 4,2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://agtz.ru/upload/iblock/30c/kbm-_rukovodstvo.pdf – Загл. с экрана.

1.3.3. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие. - Ч. 1/В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 3.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Показатель	Значение показателя
Трактор МТЗ-80; (МТЗ-1221), шт	1
Культиватор КБМ-4,2, шт	1
Комплект слесарного инструмента, к-т	1
Рулетка 10м, шт	1
Линейка металлическая 40 см, шт	2
Шпагат, м	20
Подкладки под колеса культиватора высотой 6 см, шт	2
Уровень, шт	1
Секундомер, шт	1
Колышки деревянные длиной 1 м (вешки), шт	5
Шприц, шт	1
Колышки длиной 1 м для площадки 1 м^2, шт	4

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках культиватора, выявленных при подготовке его к работе, способы устранения этих недостатков. Указать параметры лап рядов, перекрытие лап, толщину лезвия.

– порядок установки культиватора на заданную глубину обработки.

– агротребования к культиватору. Определение показателей работы культиватора: производительности, глубины, гребнистости степени подрезания (таблицы), колеи трактора и колес культиватора, средние значения показателей сравнить с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснение к работе № 2

2.1. Назначение культиватора КБМ-4,2

Культиватор блочно-модульный навесной предназначен для предпосевной обработки почвы: рыхления комков почвы, подрезания сорняков без выноса влажных слоев на поверхность, выравнивания поверхности поля, сохранения влаги.

2.2. Краткая техническая характеристика КБМ-4,2

Таблица 3.2

Краткая техническая характеристика КБМ-4,2

Наименование показателей	Величина вариантов исполнения КБМ-4,2	
	S	П
Рабочая ширина захвата, м	4,2	
Глубина обработки, см	4-12	
Рабочая скорость, км/ч	9-12	4-8
Транспортная скорость, км/ч	15	
Количество рабочих органов, шт.: - на одной секции - на культиваторе	 20 100	
Тип рабочего органа	S-образная пружинная стойка с оборотными лапами	Плоскорежущая лапа
Производительность за 1 ч основного времени, га/ч	7-10	3,5-8
Агрегатируется с трактором, класса	1,4	

2.3. Устройство культиватора КБМ-4,2

Общее устройство

Данный культиватор является комбинированным агрегатом, в который входят три вида рабочих органов: рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой или планочно-зубовый выравниватель, борона роторная (каток).

Культиватор КБМ-4,2 (рис. 12, 13) состоит из несущей рамы *1*, навесного устройства *2*, сменного модуля *3*, рыхлительного рабочего органа *10*, планочно-зубового выравнивателя *4*, пруткового катка *5*, двух опорно-регулировочных колес *6* с механизмом регулировки глубины *7*.

Планочно-зубовый выравниватель и борона роторная имеют регуляторы давления *8* и *9*.

На культиватор могут устанавливаться сменные модули (рис. 14).

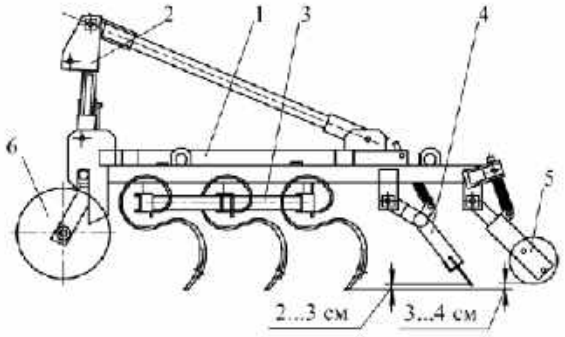


Рис.12. Схема культиватора блочно-модульного КБМ-4,2:
1 – рама несущая; 2 – навесное устройство; 3 – сменный модуль; 4 – выравниватель планочно-зубовый; 5 – борона роторная (каток); 6 – колесо опорное

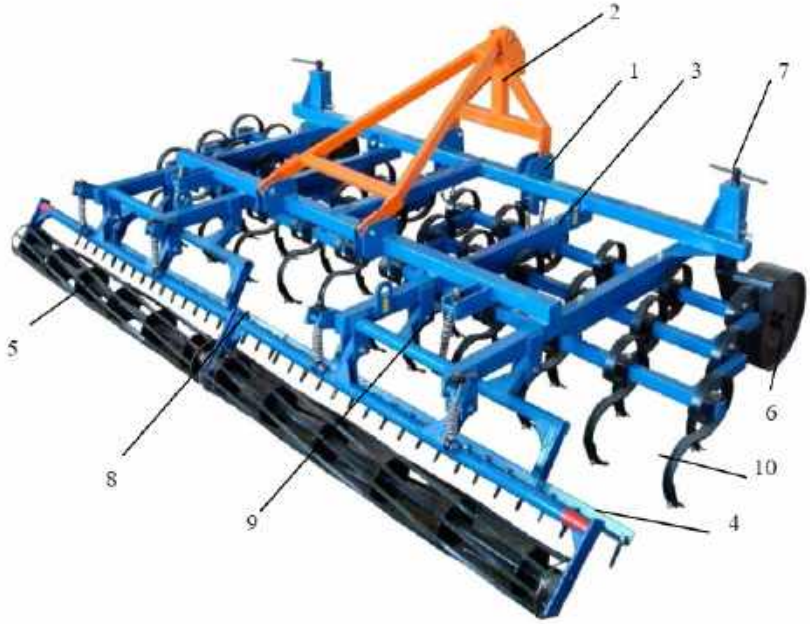


Рис.13. Культиватор блочно-модульный КБМ-4,2 (общий вид):
1 – рама несущая; 2 – навесное устройство; 3 – сменный модуль;
4 – планочно-зубовый выравниватель; 5 – борона роторная (каток);
6 – колесо опорное; 7 – механизм регулировки глубины обработки почвы;
8 и 9 – регуляторы давления; 10 – рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой

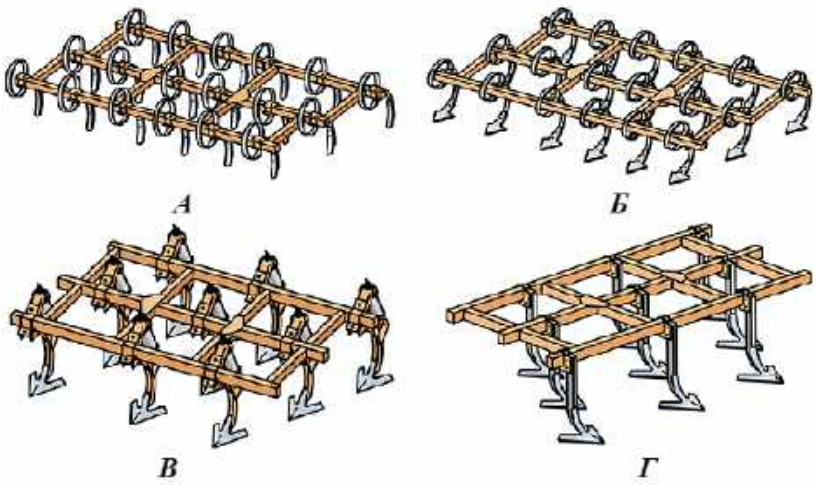


Рис. 14. Сменные модули к культиватору КБМ-4,2:
А – рабочий орган на подпружиненной стойке;
Б –стрельчатая лапка на усиленной подпружиненной стойке; В –стрельчатая лапка на жесткой подпружиненной стойке; Г – стрельчая лапка на жесткой стойке

Технологический процесс работы

В процессе работы культиватора рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой благодаря вибрации обеспечивает крошение почвы на установленную глубину. Далее планочно-зубовый выравниватель рыхлит крупные комки почвы и выравнивает по ширине захвата профиль поля несущей планкой и зубьями.

Подпружиненный каток с винтообразными прутками осуществляет дополнительное рыхление почвы, ее выравнивание и упаковку. В результате выполняется качественно подготовленная поверхность почвы под посев с замульчированной поверхностью.

2.4. Подготовка культиватора КБМ-4,2 к работе

Проверяют комплектность культиватора она должна быть полной. Рама не должно быть деформирована. Разница в длине диагональной рамы допускается не более 10 мм. Колеса, должны вращаться свободно, без заеданий. Осевое перемещение колес, не должаю превышать 0,5 мм. Механизм подъема и регулирования рабочих органов должен действовать свободно, перекос не допускается.

Во избежание неполного подрезания сорняков лапы устанавливают с перекрытием 50...70 мм. Толщина лезвия лапы не более 0,5 мм; угол заточки – 12…15°. Носки лап каждого ряда должны быть расположены на одной линии, параллельной переднему брусу рамы и касаться шнура, натянутого между носками крайних лап. Расстояние между носками соседних лап должно быть одинаковым. Смещение носка лапы от оси должно быть не более 5 мм.

2.5. Регулировка культиватора

Трактор с культиватором, переведенным в транспортное положение, заезжает на регулировочной площадке движителями на бруски высотой равной глубине обработки рабочих органов сменных модулей, минус величина деформации почвы. Культиватор переводится в рабочее положение на площадке.

Культиватор устанавливают горизонтально на специально оборудованной площадке с твердым покрытием. Опорные колеса устанавливают на бруски толщиной равной глубине обработки, уменьшенной на 2-3 см. Вращая винты опорных колес, устанавливают глубину обработки рабочих органов культиватора.

После регулировки необходимо провести контрольный проход агрегата в поле с замером глубины обработки. При необходимости, повторить регулировку рабочих органов. После регулировки культиватора на площадке подтянуть болтовые соединения и произвести его опробование в поле (на полигоне).

Проверку установленной глубины хода рабочих органов культиватора производят, проехав в загонке при нормальной рабочей скорости 50...100 м. Если глубина обработки не соответствует заданной, то перемещением колес при помощи механизма регулирования глубины хода рабочих органов, установить заданную глубину.

2.6. Показатели работы культиватора и контроль качества культивации

Качество работ на культивации определяют по глубине обработки, гребнистости поверхности и степени подрезания сорняков.

Таблица 3.3

Агротехнические требования к культивации

Показатель	Значение показателя
Отклонение средней фактической глубины обработки от заданной	не более +/- 0,01м
Сорняки должны быть подрезаны лапами: Стрельчатыми Рыхлящими	 полностью не менее 95%.
Высота гребней и глубина борозд	не более 4 см
Выворачивание нижних слоев почвы	не допускается
Огрехи и необработанные полос	не допускается

Глубину обработки проверяют линейкой по длине гона, делая 15...20 замеров по диагонали участка и по ширине захвата орудия.

Гребнистость поверхности определяется линейкой по диагонали участка не менее 10 раз. Степень подрезания сорняков определяется подсчетом количества сорняков на площадке 1 м^2 в 5-кратной повторности по диагонали участка.

При оценке качества работы необходимо учитывать также дополнительные показатели: наволоки, колеи от прохода агрегата, прямолинейность проходов, обработку поворотных полос и краев поля.

Дополнительные показатели определяются визуально. Одним из показателей работы агрегата с культиватором является его производительность.

Показатели работы культиватора и контроль качества работы определяется ОСТ 70.4.2-80 «Машины и орудия для поверхностной обработки, почвы». ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования качества и методы испытания.

3. Порядок выполнения работ

3.1. Используя литературу 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, выполнить пункты 1.2.1, 1.2.2 и 1.2.5.

3.2. С помощью трактора МТЗ-80 или ВТ-100 поставить культиватор на регулировочную площадку.

3.3. С помощью литературы, 1.3.1 (пункты 2.4 и 2.5) соответствующего оборудования подготовить культиватор к работе отрегулировать его на площадке, т.е. выполнить вопросы 1.2.3 цель задания.

3.4. Присоединить культиватор к трактору, выехать на полигон и произвести его опробование, линию первого прохода обозначить колышками. Начало и конец учетного участка (50 м) обозначить колышками.

3.6. При последующих проходах агрегата определить показатели работы культиватора и, если необходимо, зубовых борон:

- производительность (ширину захвата и скорость движения);
- глубину обработки почвы;
- гребнистость поверхности;
- степень подрезания сорняков;
- глубину колей трактора и культиватора.

Рабочая ширина захвата культиватора обычно равняется конструктивной и замеряется по следам прохода крайних лап с учетом их захвата. Однако второй и последующие проходы агрегата выполняются с перекрытием 0,10-0,05 м, которые должны учитываться при определении ширины захвата культиватора. Ширину захвата определять с 3-х кратной повторностью:

$$B_{ср} = \sum(B-\Delta B)/3) \qquad (3.1)$$

где $B_{ср}$ – средняя ширина захвата культиватора, м;

B – конструктивная ширина захвата, м;

ΔB – перекрытие, м,

Скоростной режим агрегата выбирается по оптимальной загрузке двигателя трактора. Скорость движения (V) с 3-х кратной повторностью.

$$V = 3,6*50/t, \text{ км/ч} \qquad (3.2)$$

где 50 – длина участка, м;

t – время прохождения участка, с (время определять для 3-х проходов агрегата);

3,6 – переводной коэффициент.

Производительность агрегата (W) в час чистого времени:

$$W = 0,1\ B\ V\ (\text{га/ч})\ ) \qquad (3.3)$$

Глубину обработки проверять в разных местах поля по всей длине участка. Для замера глубины рыхления выравнивают поверхность почвы и погружают в нее линейку до твердой подошвы. Общее количество замеров не менее 15. Среднеарифметическое значение замеров определяет среднюю глубину.

Таблица 3.4

Средняя глубина обработки

	Номера замеров					
	1	2	3	4	5	…
Глубина обработки, см						

Отклонение – $a_{ср}$ от заданной глубины обработки не более 0,01 м.

Высота гребней и глубина борозд равны. Их можно определять так: на вершины гребней положить рейку, например, колышек длиной 1 м. От него, как от базы, определять высоту гребней и глубину борозд. Гребнистость не более 0,04 м. количество замеров – не менее – 10 раз.

Таблица 3.5

Гребнистость

	Номера замеров					
	1	2	3	4	5	…
Высота гребней h, м						

При определении степени подрезания сорняков рамку площадью 1 м^2 накладывает на поверхность поля в пяти разных местах по длине участка в разрезе прохода агрегата. В пределах площадки 1 м^2 подсчитать количество сорняков до прохода агрегата и после него, затем определит степень подрезания сорняков и данные занести в таблицу.

Таблица 3.6

Степень подрезания сорняков

Номера замеров	Количество сорняков на площадке 1 м^2 до прохода агрегата, N_1	Количество не подрезанных сорняков на 1 м^2 после прохода агрегата, N_2	Степень подрезания

Степень подрезания сорняков стрельчатыми лапами должна быть 100% (т.е. полной).

После прохода агрегата колея от колес трактора и культиватора должна отсутствовать.

Показатели при работе культиватора определяются в соответствии с ОСТ 70.4.2-80 «Машины и орудия для поверхностей обработки почвы». ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования качества и методы испытания.

3.7. Для четкого оперативного определения показателей звеньевой должен распределить работу между членами звена.

3.8. После выполнения работы на полигоне вернуться в учебный парк, поставить культиватор на площадку и рассоединить его с трактором.

РАБОТА № 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ СЗ-3,6 И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ РАБОТЫ

1. Задание.

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить зерновую сеялку СЗ-3,6 к работе и отрегулировать ее.

1.1.2. Определить показатели работы зерновой сеялки в поле (на полигоне)

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить техническую характеристику сеялки и ее устройство.

1.2.2. Повторить регулировки сеялки.

1.2.3. Подготовить сеялку СЗ-3,6 к работе.

1.2.4. Отрегулировать сеялку на площадке.

1.2.5. Уяснить агротехнические требования к посеву и сеялке СЗ-3,6, а также показатели ее работы.

1.2.6. Определить показатели работы зерновой сеялки в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Технологические регулировки сеялка СЗ-3,6 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.zavodritm.ru/media/uploads/2018/04/04/manual-sz-6.pdf.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 4.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Показатель	Значение показателя
Трактор МТЗ-80, шт	1
Сеялка СЗ-3,6, шт	1
Комплект слесарного инструмента, к-т	1
Шприц, шт	1
Семена пшеницы, кг	50
Домкрат, шт	1
Подставки деревянные под раму сеялки (40×20×20 см), шт	2
Брезент (2 х 1 м), шт	1
Весы с разновесом, шт	1
Линейка металлическая 40 см, шт	2
Колышки деревянные 50 см, шт	10
Секундомер, шт	1
Колышки деревянные 20 см, шт	5

1.5. Отчет

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках сеялки СЗ-3,6 выявленных при подготовке ее к работе; описать порядок устранения отмеченных недостатков.

– описать порядок проверки, настройки сеялки на норму высева на полигоне; заданная норма высева, рабочая длина катушки L высевающего аппарата, передаточное число редуктора.

– описать агротребования к сеялкам, порядок определения показателей работы сеялки: производительности, количества высеваемых семян сеялкой и аппаратами в отдельности, глубину заделки семян общую и сошниками в отдельности. Заполнить таблицы 3.1, 3.2, 3.3, сравнить значения полученных показателей с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснения к работе № 4

2.1. Назначение сеялки СЗ-3,6

Сеялка зернотуковая универсальная прицепная предназначена для рядового посева семян зерновых (пшеницы, ржи, ячменя, овса) и зернобобовых (горох, нут, чина, фасоль и люпин) с одновременным внесением в рядки гранулированных минеральных удобрений.

2.2. Техническая характеристика сеялки СЗ-3,6

Таблица 4.2

Краткая техническая характеристика сеялки СЗ-3,6

Показатель	Значение показателя
Рабочий захват при междурядии 15 см, м	3,6
Скорость движения, км/ч	7,2-15
Количество сошников, шт	24
Количество высевающих аппаратов, шт -для зерна – штампованные катушечные - для удобрений – шрифтовые	 24 24
Емкость зернотукового ящика, дм^3 - отделения для семян - отделения для удобрений	 453 212
Пределы глубины хода сошников, мм	40-60
Диаметр опорно-приводных колес, мм	1245

2.3 Общее устройство сеялки СЗ-3,6

Сеялка состоит из следующих сборочных единиц (рис. 15): сварной прямоугольной рамы *1* со снищей *3*, опирающейся на два пневматических опорно-приводных колеса *6* с механизмами передачи вращения *5*.

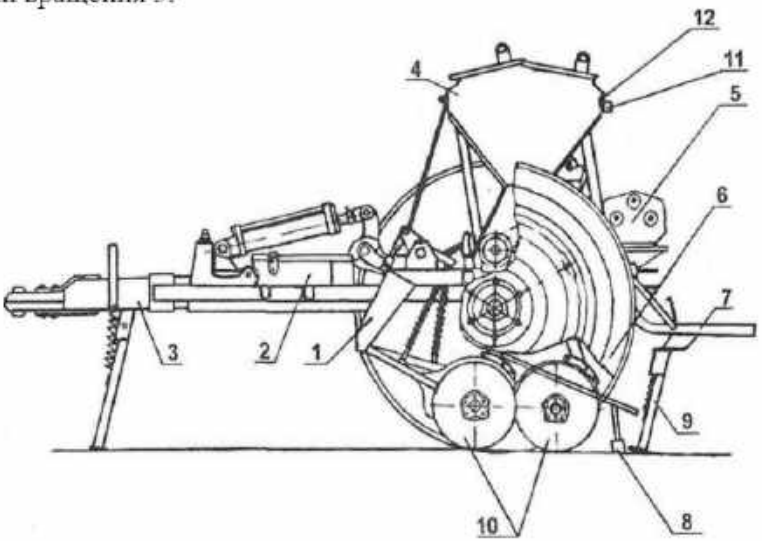


Рис. 15. Общее устройство сеялки СЗ-3,6:

1 – рама; 2 – ящик для инструментов; 3 – сница; 4 – зернотуковый ящик; 5 – механизм передач; 6 – колесо; 7 – подножка; 8 – загортач; 9 – подставка; 10 – сошник; 11 – унифицированная система контроля; 12 – световозвращатель

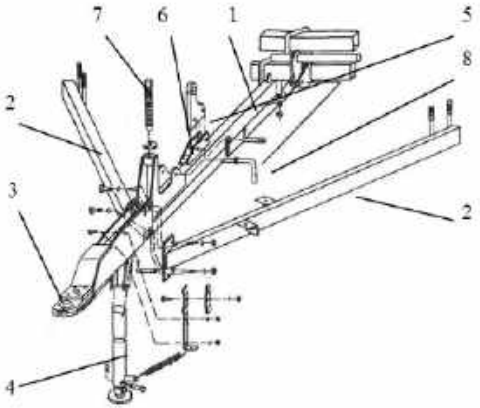


Рис. 16. Прицепное устройство:
1 – продольная балка; 2 – боковые балки; 3 – дышло;
4 – откидная подставка; 5 – кронштейн; 6 – фиксатор заглубления сошников;
7 – регулировочный винт; 8 – стопор

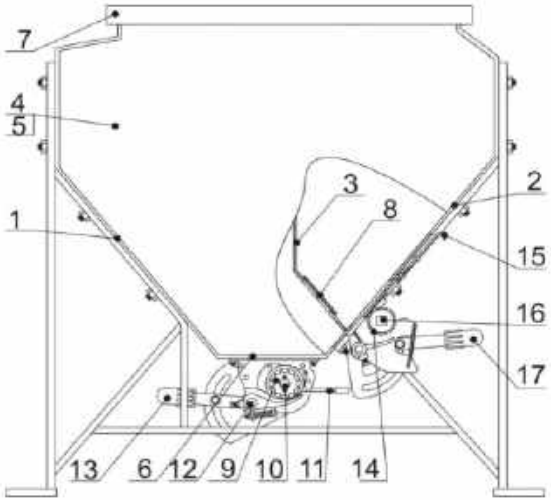


Рис. 17. Зернотуковый ящик:
1 – стенка передняя; 2 – стенка задняя; 3 – стенка средняя; 4, 5 – боковины: правая и левая; 6 – дно; 7 – крышка; 8 – заглушка; 9 – высевающий аппарат; 10 – вал высевающих аппаратов; 11 – рычаг изменения длины катушки; 12 – вал клапанов высевающих аппаратов; 13 – рычаг клапанов высевающих аппаратов; 14 – туковысевающий аппарат; 15 – задвижка; 16 – вал туковысевающих аппаратов; 17 – рычаг клапанов туковысевающих аппаратов

Конструкция сеялки также состоит из двух зернотуковых ящиков *4* с размещенными в них зерно- и туковысевающими аппаратами; двух рядов двухдисковых сошников *10* с загортачами *8* и механизмом подъема; вспомогательных узлов в виде подножки *7* для размещения рабочего-сеяльщика, предохранительных щитков и поручней, световозвращателей *12*, унифицированной системы контроля *11*.

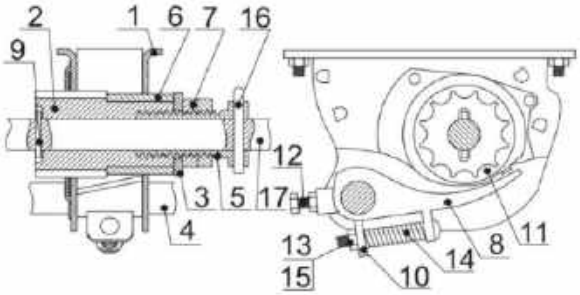


Рис. 18. Зерновой высевающий аппарат:
1 – корпус; 2 – катушка; 3 – шайба стопорная; 4 – вал клапанов;
5 – болт; 6 – муфта; 7 – гайка специальная; 8 – клапан; 9 – штифт; 10 – вставка;
11 – розетка; 12 – винт стопорный; 13 – болт; 14 – пружина; 15 – гайка;
16 – шплинт; 17 – вал высевающих аппаратов

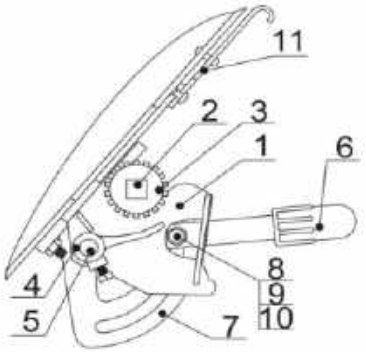


Рис. 19. Туковысевающий аппарат:
1 – корпус; 2 – вал туковысевающих аппаратов; 3 – катушка;
4 – клапан; 5 – вал регулятора нормы высева туков; 6 – рычаг;
7 – сектор; 8 – болт; 9 – гайка; 10 – шайба; 11 – задвижка

Крутящий момент на валы семя – и туковысевающих аппаратов передается от опорно-приводных колес через механизмы передач. С внутренней стороны опорно-приводных (левого и правого) колес к ступице крепится 16-зубовая звездочка, от нее по цепной

передаче крутящий момент передается на вал контрпривода через 14-зубовую звездочку. Далее от контрприводного вала, через его 9-зубовую звездочку вращение предаётся на основной вал с муфтами обгона. На сеялке каждая секция имеет собственный механизм привода от опорных колес, который затем через разобщитель объединяется в единый механизм передачи к валам высевающих аппаратов. Муфты обгона играют роль своеобразных дифференциалов, за счет которых возможен свободный разворот сеялки без торможения колес и движения назад.

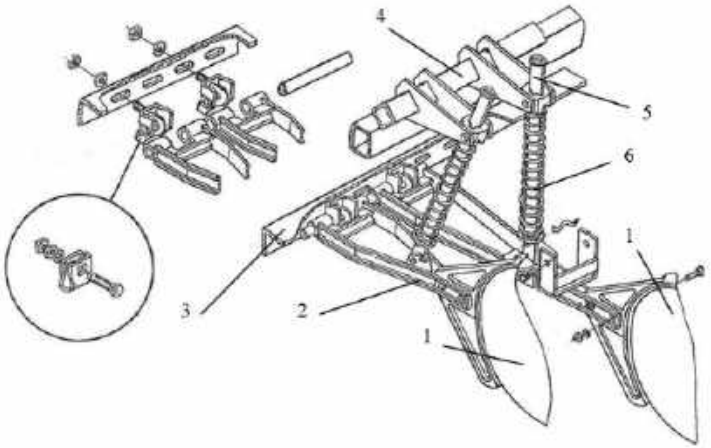


Рис. 20. Механизм навески сошников:
1 – дисковый сошник; 2 – поводок; 3 – сошниковый брус;
4 – квадратный вал; 5 – нажимная штанга; 6 – пружина

Разобщитель позволяет включить или выключить вращение на валы высевающих аппаратов при изменении положения сошников относительно почвы.

Редуктор сеялки снабжен четырьмя сеннными шестернями привода через цепную передачу на нижний вал редуктора и на вал семявысевающих аппаратов и четырьмя шестернями привода через цепную передачу на нижний вал редутора и на вал туковысевающих аппаратов.

Двухдисковые сошники имеют угол схождения 10°: сошники переднего и заднего ряда.

Для заделки борозды после прохода двухдисковых сошников сеялка комплектуется загортачами. За каждым сошником сзади смонтировано по два загортача.

2.4. Подготовка сеялки СЗ-3,6 к работе

Проверка технического состояния зерновой сеялки

Техническое состояние зерновой сеялки проверяют на ровной площадке, прицепное устройство и подножка доски должны опираться на подставки. Проверку начинают с осмотра всех узлов механизмов.

Во время осмотра проверяют комплектность сборочных единиц и механизмов, а также надежность их крепления. Сеялка должна быть комплектной. Необходимо убедиться в том, что все крепежные детали на месте, гайки и болты затянуты до отказа, а шплинты; разведены. Гайки крепления должны, быть затянуты от руки с усилием до 200 Н.

Все вращающиеся и трущиеся детали, за исключением звездочек, шестерен и цепей, должны быть смазаны. Подшипники сеялок типа СЗ рассчитаны на одноразовую смазку в начале сезона.

Валы зерновысевающих и туковысевающих аппаратов должны вращаться свободно и не иметь прогиба, валы зерновысевающих аппаратов должны свободно перемещаться в осевом направлении (рычагами регулятора высева). При полностью вдвинутых в корпусы катушек их торцы должны располагаться заподлицо с плоскостью розеток. Этого добиваются перемещением вдоль катушек корпусов аппаратов.

Диски сошников должны свободно вращаться, лезвия дисков впереди сошника должны касаться друг друга, а при нажатии на диски сзади сошника лезвия должны расходиться не более чем на 1,5...2,0 см. Толщина лезвия дисков должна быть 0,4...0,5 мм, а ширина фаски заточки – 6…7 мм.

Звездочки и шестерни отдельных контуров передачи должны располагаться в одной плоскости. Зазор между вершиной зуба одной шестерни и впадиной сопряженной с ней шестерни должен быть в пределах 2...2,5 мм. Перекос цепей не должен превышать 2 мм.

Натяжение цепей должно быть таким, чтобы при нажатии на середину нерабочей ветви цепи с усилием до 100 Н прогиб составлял 10...12 мм.

Необходимо, чтобы резиновые семяпроводы были в хорошем состоянии, не порваны и не сплющены. Семяпроводы должны хорошо сопрягаться с сошниками в их рабочем и транспортном положении.

Транспортный просвет (расстояние от поверхности почвы до нижней кромки сошников) должен быть 190 мм, все сошники должны быть расположены на одном уровне.

Редуктор сеялки и кулаки валов подъема загортачей должна быть закрыты предохранительными щитками.

Давление в камерах пневматических колес должно быть 0,16...0,20 МПа.

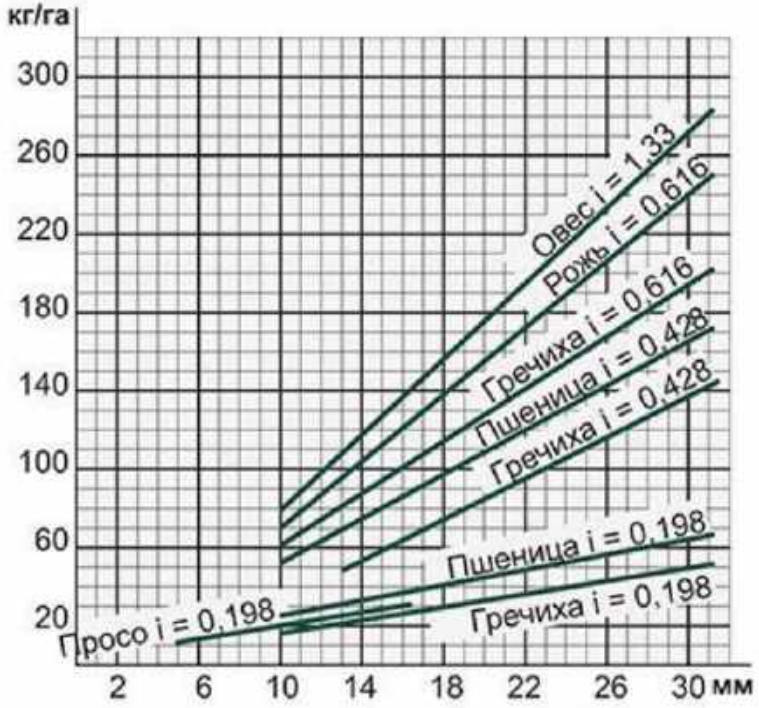


Рис. 21. Номограмма

Установка сеялки на заданную норму высева семян

Норма высева семян зависит от длины рабочей части катушки высевающего аппарата и от окружной скорости ее вращения (частоты вращения катушки).

Рабочая длина катушки l высевающего аппарата определяется по номограмме (рис. 21) в зависимости от нормы высева Н.

Таблица 4.3

Передаточные числа и число зубьев шестерен для привода зерновысевающего аппарата

Высеваемая культура	Число зубьев шестерни				Передаточное число
	Д	Е	Ж	И	
Просо, гречиха, пшеница, рожь	17	25	17	30	0,198
Пшеница, рожь, ячмень, горох	25	17	17	30	0,428
Ячмень	17	25	30	17	0,616
Овес	25	17	30	17	1,33

Далее определяется передаточное число i для высева заданной нормы Н. В зависимости от высеваемой культуры передаточное число подбирается по таблице 4.3, которое определяется подбором шестерен Д, Е, Ж, И.



Рис. 22. Схема механизмов шестерен

В зависимости от заданной нормы для высева культуры следует установить на сеялке необходимое передаточное отношение на вал высевающего аппарата согласно таблицы 4.3. Установку необходимых шестерен проводят, используя схему механизма передачи, представленную на рисунке 22.

Для установки заданной нормы высева удобрений подбирается соответствующее передаточное отношение для привода туковысевающего аппарата и набор шестерен по таблице 4.4.

Таблица 4.4

Передаточные числа, число зубьев шестерен для привода туковысевающего аппарата и ориентировочные нормы высева

Число зубьев шестерни				Центр установки	Передаточное отношение	Ориентировочная норма высева гранулированного суперфосфата, кг/га
А	Б	В	Г			
15	36	15	30	O_1	0,067	36…37
15	36	25	30	O_2	0,112	61…67
15	36	30	25	O_2	0,160	86…98
36	25	15	30	O_3	0,232	128…143
15	36	30	15	O_1	0,268	133…163
36	15	15	30	O_1	0,386	199…232

Пример. Посев гречихи с нормой Н = 130 кг/га.

По номограмме определяется: рабочая длина катушки l = 20 мм при i = 0,616 и l = 29 мм при i =0,428.

Выбирается вариант с большей рабочей длиной l и наименьшем значении i, для более равномерного высева семян и предотвращения их дробления, то есть l = 29 мм и i = 0;428.

Установка на заданную норму высева семян по предварительно определенным параметрам и проверка правильности установки

1. Сеялку устанавливают на подставки с возможностью вращения опорно-приводных колес.

2. Подготавливают и настраивают высевающие аппараты. Для этого проверяют положение катушек в крайнее положение относительно их корпуса для одинаковой величины высева всеми катушками: при полностью вдвинутых катушках их торцы должны располагаться заподлицо с розетками корпусов. Для корректировки положения корпуса смещаются вдоль вала при ослаблении крепежных болтов.

Зазор между нижними ребрами катушек и клапанами при высеве зерновых культур должен быть не более 1...2 мм, при высеве зернобобовых культур зазор 8...10 мм (рис. 23).

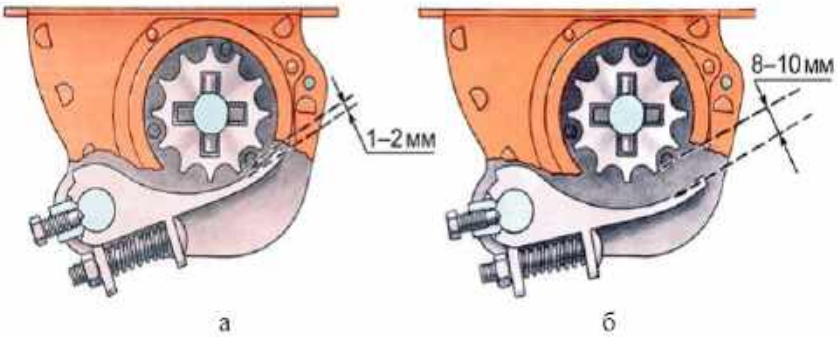


Рис. 23. Установка зернового высевающего аппарата
а – для высева зерновых; б – для высева зернобобовых

3. Выполняется установка предварительно определенных параметров: рабочей длины l катушки и передаточного отношения i.

4. Проводится высев семян прокруткой колес сеялки на месте из расчета на 100 м^2 (0,01 га). Для этого определяется необходимое количество оборотов колеса сеялки для посева площади 100 м^2 (0,01га) с учетом проскальзывания колеса при работе.

При этом длина поверхности колеса СЗ-3,6 примерно составляет 3,7 м, при ширине захвата сеялки 3,6 м, площадь, которая засевается за один оборот колеса составит: 3,6×3,7=13,3м^2. Для посева площади 100 м^2 количество оборотов будет: 100:13,3=7,6. С учетом скольжения: число оборотов будет равно 7,6×0,9=6,8 или примерно n=7.

5. Для сбора семян под сошники расстилают брезент.

6. Для заполнения семенами корпусов высевающих аппаратов колесо прокручивают предварительно на 2…3 оборота.

Далее вновь равномерно, в соответствии со скоростью движения сеялки, прокручивают колесо на 7 оборотов и взвешивают семена. Высеянные семена за 7 оборотов взвешивают, полученную массу умножают на 100 и на 2, если высев выполнялся половиной сеялки. Если полученная фактическая норма высева на 1 гектар отличается от заданной величины нормы высева, то корректировку проводят изменением рабочей длины катушки или изменением передаточного отношения. После корректировки выполняют проверку фактической нормы высева. Фактическая норма высева не должна превышать заданную больше чем на 3%.

В полевых условиях норму высева (q) устанавливают посредством определения количества семян на фактическую площадь по формуле:

$$q = 0{,}0001 \times L \times Q;) \quad (4.1)$$

где, L – длина гона, м;

Q – норма высева семян, кг/га.

В бункере сеялки делают исходную отметку уровня ранее загруженных семян и добавляют вычисленное количество семян q на данную площадь. Проводят высев на данной площади и контролируют уровень семян в семенном ящике. Если исходный уровень семян не выдерживается, то есть высев загруженного количества семян больше или меньше, то проводят корректировку изменением рабочей длины катушек.

В полевых условиях также контроль нормы высева выполняется подсчетом семян, высеваемых на 1 пог./м рядка. При этом норма высева семян должна быть задана количеством семян, высеваемых на 1 га.

Для определения количества семян высеваемых на 1 пог/м. рядка, нужно высеять семена непосредственно из семяпровода вынутого из сошника на поверхность поля на длине немногим более 1 м, при поднятом сошнике. Высев выполняют по две пробы на каждой половине сеялки и определяется средняя величина и сравнивается с заданной нормой.

Установка сеялки на заданную норму высева удобрений

В туковысевающих аппаратах сеялки СЗ-3,6 норма высева минеральных удобрений определяется только частотой вращения штифтовых катушек.

Заданная норма высева минеральных удобрений устанавливается с помощью таблицы 4.4, из которой определяются: передаточное отношение и набор шестерен А, Б, В, Г, которые устанавливаются в механизме привода.

Проводится проверка одинакового положения клапанов туковысевающих аппаратов относительно штифтовых катушек. Для этого необходимо перевести клапаны в крайнее верхнее положение при помощи регулировочной рукоятки, при этом клапаны должны касаться штифтов катушки.

Для корректировки положения клапанов необходимо отвернуть опорные болты и установить клапаны так, чтобы они касались катушек.

Зазор между штифтами катушек и клапанами устанавливают рычагами опоражнивания на величину 8...10 мм, который может быть увеличен при высеве удобрений повышенной влажности.

Проводится пробный высев удобрений аналогично описанному выше при проверке зерновых аппаратов. Корректировка нормы высева осуществляется изменением передаточного отношения, а в небольших пределах производится задвижками. Отклонение фактического высева минеральных удобрений от заданной нормы, не более ±10 %, неравномерность высева отдельными аппаратами при, высеве гранулированных удобрений ±20%.

Регулировка глубины заделки семян

Регулировку глубины заделки семян в почву сошниками сеялки осуществляют винтом регулятора заглубления *7* (рис. 16): при ввинчивании глубина увеличивается, при вывинчивании уменьшается.

Устанавливают одинаковый транспортный просвет для всех сошников сеялки, обеспечивающих одинаковую глубину их хода посредством винтовых стяжек в механизме подъема, при этом в транспортном – поднятом состоянии расстояние от поверхности регулировочной площадки до нижней кромки сошников должно быть 190 мм. Для сошников, работающих по следам трактора глубину увеличивают посредством поджатия пружины *6* на штангах *5* (рис. 20).

Регулировку глубины хода загортачей выполняют в полевых условиях посредством перестановки стопора в отверстиях продольной круглой штанги.

2.5 Показатели работы зерновой сеялки и контроль качества посева

Контроль качества посева зерновых колосовых культур осуществляют на первых рабочих проходах агрегата, а в дальнейшем – не менее 1...2 раз за смену.

Качество посева определяется по трем основным показателям: норме высева семян, глубине заделки семян и ширине стыковых междурядий.

Допустимые отклонения глубины заделки семян и удобрений ± 15%.

Отклонение нормы высева семян от заданной ± 3%.

Отклонение нормы внесения удобрений от заданной ± 10 %.

Допустимая неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами:

– семян зерновых ± 6%;

– семян зернобобовых ± 10%;

– гранулированных удобрений ± 20%;

Отклонение ширины стыковых междурядий:

– у смежных сеялок ±2 см;

– у смежных проходов ± 5 см.

Огрехи незасеянные поворотные полосы – не допускаются.

Контроль нормы высева в полевых условиях удобно осуществлять подсчетом количества семян, высеваемых на 1 пог./м рядка. Например, при норме высева 150 кг/га и абсолютном весе семян 34 гр. тысячи зерен, на 1 га должно высеваться 4,4 млн. зерен и, следовательно, на 1 пог./м рядка – 4,4× 15 = 66 штук семян. В пяти местах по длине гона на четырех рядках в пределах ширины захвата сеялки (два рядка на правой, два – на левой половине сеялки) подсчитать количество семян на 1 пог./м рядка. Среднее значение должно быть равно 66 ± 3 %, т.е. 64,7...68,0 штук зерен на 1 пог./м длины рядка. Высев семян на поверхность поля производятся подъемом сошника или вынимание из него семяпровода.

Для проверки глубины заделки семян выравнивают поверхность почвы за всеми передними и задними сошниками из числа тех, которые не идут по следам трактора. Осторожно, на длине около 20 см перпендикулярно к направлению рядков, разгребают бороздки и находят семена. В каждом случае делают не менее 10 замеров с помощью двух линеек или одной линейки и колышка. Если отклонение средней глубины от заданной превышает 15 %, то регулируют глубину хода сошников. В практике работы посевных агрегатов такая проверка глубины заделки семян должна проводиться не менее 10 раз в смену.

Для проверки ширины стыковых междурядий осторожно разгребают борозды крайних сошников, находят зерновые каналы и замеряют расстояние между осями рядков. Отклонения между смежными сеялками агрегата не должны превышать. 2 см, между смежными проходами – 5 см. При оценке качества работы на посеве

необходимо учитывать также и другие показатели – неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами, отклонение нормы внесения удобрений, не прямолинейность рядков, огрехи, обсев поворотных полос.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Используя литературу 1.3.1, 1.3.2 выполнить пункт 1.2.1, 1.2.2, 1.2.5 задания.

3.2. Присоединить сеялку к трактору, присоединить гидроцилиндр сеялки к гидросистеме трактора, поставить агрегат на регулировочную площадку.

3.3. С помощью литературы 1.3.1 и соответствующего оборудования (комплект слесарного инструмента, семена, брезент, весы, линейка, нутромер и т.д.) подготовить сеялку к работе и отрегулировать ее, на площадке т.е. выполнить пункты 1.2.3 и 1.2.4 задания.

3.4. Подсчитать абсолютную массу семян, т.е. массу 1000 зерен и определить норму высева в шт. семян на 1 га (данные записать в таблицу 4.5.).

3.5. Выехать на полигон и произвести опробование сеялки.

3.6. Подобрать учетный участок длиной 50 м и обозначить его колышками.

3.7. При последующих проходах агрегата определить показатели работы зерновой сеялки:

– производительность;

– норму высева семян;

– глубину заделки семян.

Производительность посевного агрегата определяется так же, как производительность агрегата КБМ-4,2 в работе 3.

Таблица 4.5

Абсолютная масса семян

	Номер замера			Средняя масса семян	Норма высева	
	1	2	3		кг/га	шт./га
Абсолютная масса семян (масса 1000 зерен)						

Для проверки нормы высева семян сначала нужно подсчитать количество зерен, высеваемых на 1 пог./м рядка. Затем в пяти местах по длине гона на пути немногим более 1 м приподнять два сошника на одной половине сеялки и две - на другой или из этих сошников вынуть семяпроводы, т.е. в 20-ти местах высеять семена на поверхность поля. На метровых отрезках подсчитать количество семян. Среднее значение из 20-ти замеров будет являться нормой высева, она должна отличаться от заданной не более 3%. Из этих замеров определить средние значения высева по рядкам, т.е. определить высев отдельными высевающими аппаратами. Допустимая неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами при высеве семян зерновых ± 6%, зернобобовых ± 10%. Данные замеров записать в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

Проверка нормы высева семян

Места замеров по длине рядка	Количество семян на 1 пог./м			
	Левая половина сеялки		Правая половина сеялки	
	1 -й рядок	2-й рядок	3-й рядок	4-й рядок
1-е 2-е 3-е 4-е 5-е 6-е 7-е 8-е				
Среднее по рядку				
Среднее по сеялке				

Для проверки глубины заделки семян за каждым сошником, которые не идут по следам трактора, разгребают бороздки на длине рядка около 20 см перпендикулярно направление движения сеялки до появления зерен. Замеряют глубину залегания с помощью линейки и колышка. При проведении учебной практики с целью сокращения времени на определение глубины заделки ее допустимо определять не с 10-ти кратной повторностью по длине участка, а с 3-х кратной. Затем нужно определить среднюю глубину заделки каждым сошником и сеялкой в целом. Отклонение от заданной глубины – не более 15 %. Данные замеров записать в таблицу 4.7.

Таблица 4.7

Глубина заделки семян

Места замеров по длине рядка	Глубина заделки семян (см) сошниками									
	1	2	3	4	5	...	21	22	23	24
1 2 3										
Среднее по рядку										
Среднее по сеялке										

3.8. Для четкого и оперативного определения показателей распределить обязанности между членами звена.

3.9. После выполнения работы на полигоне вернуться в учебный парк, поставить сеялку на место хранения, рассоединить с трактором.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

2. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 2 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С. А. Машков [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – 275 с.

3. Технологические регулировки плуга ПЛН-5-35 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.avtomash.ru/katalog/pred/sht/sem/pln535_pas.html?PHPSESSID=gr3fq5ch10da9m7qckr9o3aes2

4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации культиватора КБМ-4,2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://agtz.ru/upload/iblock/30c/kbm-_rukovodstvo.pdf

5. Технологические регулировки сеялка СЗ-3,6 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.zavodritm.ru/media/uploads/2018/04/04/manual-sz-6.pdf.

6. Сельскохозяйственные машины. Настройка и регулировка : учебное пособие / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 196 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.tstu.ru/book/-elib/pdf/2010/glazkov-a.pdf.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Памятка по технике безопасности обучающемуся при прохождении практики 4

Методические рекомендации для освоения материалов практики 6

Работа №1. Подготовка навесного плуга к работе и определение показателей его работы в поле 7

Работа №2. Подготовка зубовых борон к работе и определение показателей их работы 23

Работа №3. Подготовка к работе культиватора для сплошной обработки почвы и определение показателей его работы в поле 30

Работа №4. Подготовка к работе зерновой сеялки СЗ-3,6 и определение показателей ее работы 39

Рекомендуемая литература 56

Учебное издание

Петров Александр Михайлович
Есипов Виталий Иванович
Савельев Юрий Александрович
Иванайский Сергей Александрович
Парфенов Олег Михайлович
Васильев Сергей Александрович
Денисов Сергей Владимирович
Грецов Алексей Сергеевич

Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техники

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 24.07.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,37; печ. л. 3,62.
Тираж 50. Заказ № 264.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Методические указания
для выполнения расчетно-графической работы

Кинель
РИО Самарский ГАУ
2019

УДК 628.15.001.24
ББК 30.123 Я7
Г46

Г46 Гидравлический расчет водопроводной сети : методические указания / сост. Ю. А. Киров, С. В. Денисов, А. Л. Мишанин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 42 с.

Методические указания предназначены для самостоятельного выполнения обучающимися по направлениям подготовки: Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение (по отраслям) расчетно-графической работы по дисциплине «Гидравлика».

В издании рассмотрен пример гидравлического расчета водопроводной сети, имеющей кольцевой и тупиковые трубопроводы. Приведена методика расчета и подбора водонапорной башни, а также насосов для артезианских скважин и открытых источников водозабора. В приложении представлены удельные сопротивления труб и рекомендуемые для прокладки водопроводных сетей и характеристики некоторых насосов.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Киров Ю. А., Денисов С. В.,
Мишанин А.Л., составление, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

В настоящее время продолжается активное развитие механизации трудоемких процессов в растениеводстве и животноводстве на основе гидравлических устройств, проектирование и расчет которых невозможен без глубокого понимания гидравлики, знания её законов, методик расчета трубопроводов, подбора насоса.

Целью данных методических указаний является оказание организационно-методической поддержки обучающимся в процессе выполнения РГР в соответствии с рабочей программой.

Методические указания содержат описание методики и последовательности выполнения расчетно-графической работы, охватывающей основные разделы дисциплины «Гидравлика» и направлены на анализ водопроводной сети, расчет ее основных параметров, последующее графическое представление результатов расчета и формулирование выводов по итогам анализа результатов.

Каждый раздел методических указаний содержит необходимые для его выполнения теоретические сведения и графический материал, позволяющие глубже понять суть изучаемого вопроса, а также способствующие освоению методики расчёта водопроводных сетей, емкости водонапорной башни, ординат пьезометрических линий, подбора насоса и определение параметров его работы.

В процессе выполнения РГР, в соответствии с данными методическими указаниями, у обучающихся должны формироваться следующие компетенции: способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений; способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий.

Развитие способности к самостоятельному анализу и расчету водопроводных сетей окажет существенную помощь, как в дальнейшем в процессе работы над выпускной квалификационной работой так и в дальнейшей работе инженером выбранного профиля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Расчетно-графическая работа на тему: «Гидравлический расчет водопроводной сети» выполняется студентами инженерных специальностей в соответствии с программой дисциплины «Гидравлика».

Целью расчетно-графической работы является изучение и усвоение на практике общих приемов гидравлических расчетов, а также приобретение навыков работы с технической и справочной литературой.

При выполнении расчетно-графической работы следует придерживаться следующего алгоритма:

- Внимательно прочитать и уяснить смысл содержания задания.
- Восстановить в памяти основные положения темы курса гидравлики, к которой относится содержание задания.
- Наметить план решения, обеспечивающий получение конечного результата кратчайшим путем. Выбор пути решения задачи часто вызывает наибольшее затруднение. В этом случае рекомендуем провести анализ хода решения, начиная с формулы, непосредственно дающей конечный результат.

При таком анализе последовательно выявляется цепочка промежуточных неизвестных величин и формул для их вычисления. Путь, обратный ходу этого процесса, и будет решением задачи.

Правила оформления РГР

Текстовый материал РГР должен быть оформлен в виде пояснительной записки объемом 15…20 страниц на листах формата А4. Текст должен быть написан разборчивым почерком или распечатан на принтере. Записи производят на одной стороне листа с полями шириной 20 мм слева и 5 мм справа.

Текст должен быть стилистически и орфографически правильным без сокращений слов. Все формулы приводятся сначала в буквенном выражении с последующей расшифровкой входящих в формулу величин, а затем уже в них проставляют цифровые значения и производят решение относительно искомой величины. При использовании нормативных и справочных данных следует делать ссылку на источники.

В пояснительной записке необходимо:

1) выбрать исходные данные согласно выданному варианту;
2) начертить схему водопроводной сети в соответствии с индивидуальным заданием;
3) рассчитать кольцевую сеть и тупиковые участки водопровода;
4) определить высоту и регулирующую емкость водонапорной башни;
5) рассчитать ординаты пьезометрической линии;
6) подобрать нужный насос и определить параметры его работы.

Работа выполняется студентом самостоятельно при консультативной помощи преподавателя и поэтапном контроле знаний студента.

Каждый студент получает индивидуальное задание на расчетно-графическую работу в следующем виде.

Задание

на выполнение расчетно-графической работы по дисциплине: «Гидравлика» студенту ____ группы II курса инженерного факультета

_____

Ф.И.О. студента

Выполнить гидравлический расчет системы водоснабжения, определив диаметры труб, высоту и объем водонапорной башни. Подобрать необходимый насос, определив мощность на его привод, КПД насоса и допустимую высоту всасывания воды. В узловых точках сети подсчитать ординаты пьезометрической линии.

Принять ___ вариант узловых расходов, ____ тип водонапорной башни и _____ трубы. Время работы насоса T = ____ ч, коэффициент часовой неравномерности K_2 = ____, длина всасывающей трубы насоса $l_{вс}$ = ___м.

Задание выдано _____ Срок сдачи _____

Руководитель _____

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Каждый студент в задании получает одну из приведенных на общей схеме водопроводной сети (рис. 1) водопроводных башен. Длины участков водопроводной сети приведены в таблице 1, а варианты узловых расходов воды в сети представлены в таблице 2. В таблице 3 даны среднестатистические суточные нормы водопотребления для сельскохозяйственных предприятий, которые используются для определения суточных норм потребления с заданным в задании коэффициентом часовой неравномерности.

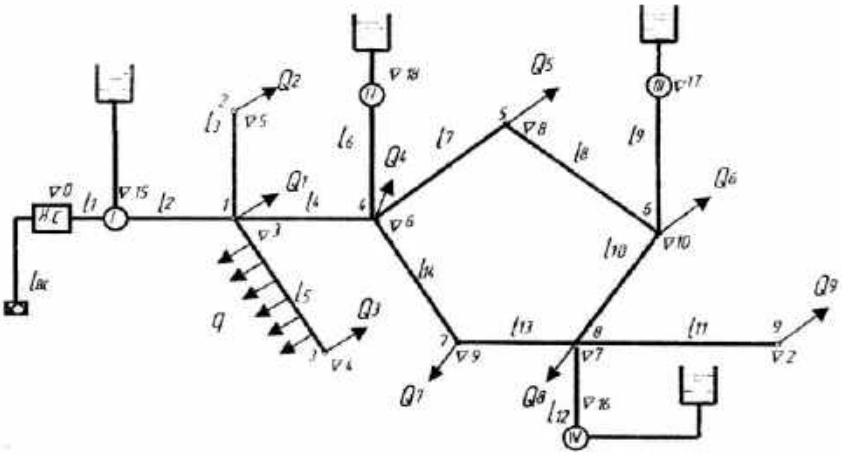


Рис. 1. Общая схема водопроводной сети:
I-IV – варианты водонапорных башен; Q – узловые расходы; q – путевой расход; ∇ – отметки поверхности земли в узловых точках

Таблица 1

Длины участков водопроводной сети

Обозначение	Длина, м	Обозначение	Длина, м	Обозначение	Длина, м
l_1	100	l_6	800	l_{11}	300
l_2	500	l_7	300	l_{12}	700
l_3	400	l_8	250	l_{13}	300
l_4	600	l_9	350	l_{14}	400
l_5	100	l_{10}	200		

Таблица 2

Варианты расходов воды в водопроводной сети

Номер варианта	Путевой расход q, $\frac{л/с}{м}$	Узловые расходы, л/с								
		Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
1	0,01	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0,02	3	4	5	6	7	8	9	10	1
3	0,03	4	5	6	7	8	9	10	1	2
4	0,01	10	9	8	7	6	5	4	3	2
5	0,02	9	8	7	6	5	4	3	1	10
6	0,03	8	7	6	5	4	1	2	9	10
7	0,01	5	6	7	8	9	10	4	2	3
8	0,02	6	7	8	9	10	1	3	4	5
9	0,03	7	8	9	10	6	5	4	2	1
10	0,01	2	7	3	8	4	9	5	10	6
11	0,02	10	5	9	4	8	3	7	1	6
12	0,03	4	9	5	10	6	1	7	2	8
13	0,01	2	10	9	3	4	8	7	6	5
14	0,02	4	6	3	5	1	10	8	7	9
15	0,03	5	4	8	9	10	1	6	2	7

Таблица 3

Среднестатистические суточные нормы водопотребления

Часы суток	Часовое потребление, %	Часы суток	Часовое потребление, %
0-1	1,0	12-13	8,0
1-2	1,0	13-14	7,0
2-3	1,0	14-15	6,0
3-4	1,0	15-16	6,0
4-5	3,0	16-17	5,0
5-6	3,0	17-18	5,0
6-7	4,0	18-19	4,0
7-8	5,0	19-20	4,0
8-9	6,0	20-21	3,0
9-10	6,0	21-22	3,0
10-11	7,0	22-23	2,0
11-12	8,0	23-24	1,0

2. МЕТОДИКА РАСЧЁТА ВОДОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Для того чтобы облегчить студентам выполнение расчетно-графической работы, одновременно с изложением общей методики выполнения указанной работы проведём расчёт конкретной водопроводной сети со следующими исходными данными: тип башни – III; материал труб – сталь; время работы насоса T = 12 ч; коэффициент часовой неравномерности K_2 = 2,5; длина всасывающей трубы насоса $l_{вс}$ = 8 м. Вариант узловых расходов воды для числового примера представлен в таблице 4.

Таблица 4

Значения узловых и путевого расходов воды

Путевой расход q, $\frac{л/с}{м}$	Узловые расходы, л/с								
	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9
0,03	5	4	8	9	10	6	7	1	2

Проектируемая в нашем примере схема водопроводной сети показана на рисунке 2.

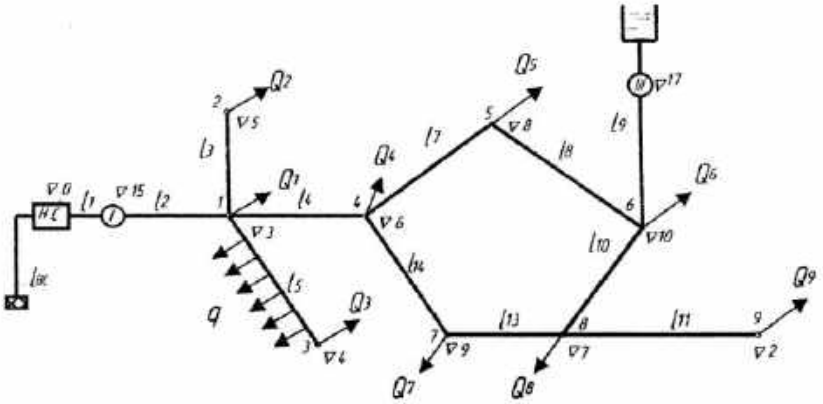


Рис. 2. Схема конкретной водопроводной сети

2.1. Гидравлический расчёт кольца

Сущность расчёта кольцевого трубопровода состоит в определении расходов жидкости по кольцу таким образом, чтобы модуль алгебраической суммы потерь напора во всём кольце не превышал определённой величины – положительного числа, характеризующего точность расчета (теоретически сумма потерь напора равна нулю).

Перед началом расчёта примем следующее допущение – водоснабжение всех потребителей будет осуществляться от водопроводной башни, предварительно заполненной водой с помощью насоса.

Количество воды, поступающей из башни, равно суммарному потреблению в системе водоснабжения:

$$Q_{Ш-6} = \sum_{i=1}^{n} Q_i \,. \qquad (1)$$

Согласно выданному варианту

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + ql_5 \,,$$

$$\sum_{i=1}^{n} Q_i = 5 + 4 + 8 + 9 + 10 + 6 + 7 + 1 + 2 + 0{,}03 \cdot 100 = 55 \text{ л/с}.$$

$\sum Q_i = Q_{\max c}$ – максимальный секундный расход воды в водопроводной сети.

Таким образом, к начальной узловой точке 6 кольца подходит 55 л/с. Так как в узле 6 происходит отбор воды в количестве 6 л/с, то для распределения по ветвям кольца остаётся 49 л/с.

В начале расчёта разбиваем кольцо на участки. Номеруем участки кольца, начиная от узла 6, двигаясь по кольцу по ходу часовой стрелки. Первым будет участок 6–8, вторым – участок 8–7 и т.д. Участки записываем в таблицу 5.

Для первого приближения половину поступающего в кольцо расхода направляем по первому участку.

Тогда $Q_{6\text{–}8} = 1/2 \cdot 49$ л/с $= 24{,}5$ л/с.

В дальнейшем определяем расход воды по участкам, руководствуясь следующим правилом: приток воды к каждому узлу должен быть равен оттоку по прилегающим участкам плюс отбор воды в самом узле (рис. 3).

Расход на участке 8–7 будет равен $Q_{8-7} = Q_{6-8} - Q_9 - Q_8$.

Подставив значение расходов, получим Q_{8-7}=24,5 – 2 – 1 = 21,5 л/с.

Таким образом определяются расходы на остальных участках.

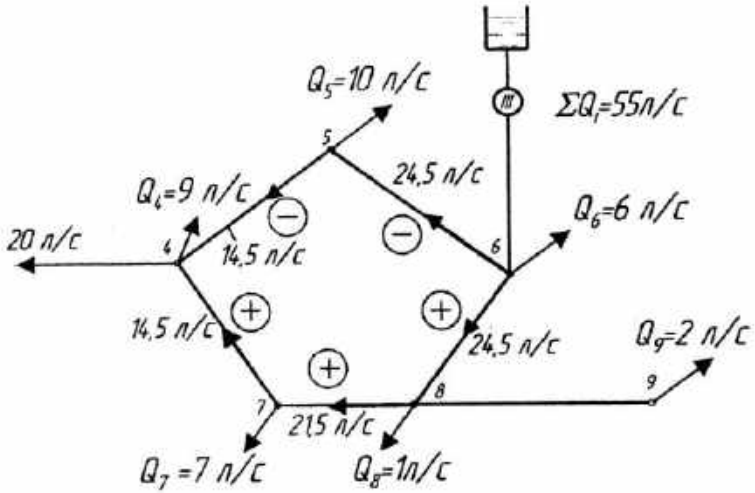


Рис. 3. Схема кольца:
«+», «–» – участки с положительными и отрицательными потерями напора

Следует иметь в виду, что определение расходов воды по участкам кольца представляет определенные трудности и в первом приближении задается интуитивно, поэтому они называются прикидочными расходами Q, л/с.

По выбранным прикидочным расходам определяются диаметры труб на каждом участке кольца по формуле:

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{Q}{v}}, \qquad (2)$$

где d – диаметр трубы, м;

Q – расход воды, проходящей по трубе, м^3/с;

v – скорость воды, м/с.

При определении диаметров труб рекомендуется принимать скорость воды в них в пределах от 1,0 до 1,5 м/с.

В нашем примере примем скорость $v = 1$ м/с.

Для участка 6-8

$$d = 1{,}13\sqrt{\frac{24{,}5 \cdot 10^{-3}}{1{,}0}} = 177 \cdot 10^{-3}\text{м} = 177\text{мм}.$$

Полученные значения диаметров труб округляют до ближайшего стандартного (лучше в сторону увеличения) и в соответствии с материалом труб выбирают справочные значения коэффициентов удельных сопротивлений, чтобы с учетом длины участка определить потери напора по формуле:

$$h_w = A \cdot l \cdot Q^2, \qquad (3)$$

где h_w – потери напора по длине, м;

A – удельное сопротивление, $с^2/м^6$; (приложения 1…4);

l – длина участка, м.

Принимаем стандартный диаметр d = 200 мм, для которого по приложению 1 находим удельное сопротивление A = 6,96 $с^2/м^6$.

Все последующие расчёты ведутся в табличной форме.

В таблице 5 в строке для участка 6–8 последовательно записываем значения:

$A \cdot l$; $\quad A \cdot l = 6{,}96 \cdot 200 = 1392$ $с^2/м^5$,

$B = A \cdot l \cdot Q$; $\quad B = 6{,}96 \cdot 200 \cdot 24{,}5 \cdot 10^{-3} = 34{,}1$ $с/м^2$,

$h_w = B \cdot Q$; $\quad h_w = 34{,}1 \cdot 24{,}5 \cdot 10^{-3} = 0{,}84$ м.

Для других участков кольца делаем аналогичные расчеты.

Для проверки правильности расчёта кольца определяют величину $\sum h_w$ – алгебраическую сумму потерь напора, которая называется невязкой и теоретически должна быть равна нулю. При этом на участках кольца с направлением движения воды по ходу часовой стрелки расход и потери напора считаются положительными, а на участках с противоположным направлением – отрицательными. Знак расхода и потерь для каждого участка кольца указывают в отведенной для этой цели графе таблицы 5.

В практических расчётах, если окажется, что

$$\left|\sum h_w\right| \le 0{,}5 \text{ м}, \qquad (4)$$

расчёт считают законченным.

Если условие (4) не соблюдается, делают перерасчёт (второе приближение), изменяя расход на каждом участке на величину

$$\Delta Q = -\frac{\sum h_w}{2\sum Al|Q|}, \qquad (5)$$

где ΔQ – поправочный расход, м^3/с.

Таблица 5

Расчёт кольца

Участок	Длина, l, м	Приведённый расход, Q, л/с	Диаметр, d, мм	Уд. сопротивление, A, с^2/м^6	Al, с^2/м^5	$B = AlQ$, с/м^2	Знак	$h_w = B \cdot Q$, м	Поправочный расход, ΔQ, л/с
Первое приближение									
6-8	200	24,5	200	6,96	1392	34,10	+	0,84	
8-7	300	21,5	175	20,79	6237	134,1	+	2,88	
7-4	400	14,5	150	30,65	12260	177,8	+	2,58	
4-5	300	14,5	150	30,65	9195	133,3	–	1,94	
5-6	250	24,5	200	6,96	1740	42,6	–	1,04	
$\sum$						521,9		+3,32	– 3,2
Второе приближение									
6-8	200	21,3	175	20,79	4158	88,56	+	1,88	
8-7	300	18,3	175	20,79	6237	114,14	+	2,08	
7-4	400	11,3	150	30,65	12260	138,54	+	1,56	
4-5	300	17,7	175	20,79	6237	110,39	–	1,96	
5-6	250	27,7	200	6,96	1740	48,20	–	1,33	
$\sum$						499,83		+2,23	–2,23
Третье приближение									
6-8	200	19,07	175	20,79	4158	79,29	+	1,37	
8-7	300	16,07	175	20,79	6237	100,22	+	1,61	
7-4	400	9,07	150	30,65	12260	111,20	+	1,01	
4-5	300	19,93	175	20,79	6237	124,30	–	2,47	
5-6	250	29,93	200	6,96	1740	52,08	–	1,56	
$\sum$						469,72		–0,01	

Исправленный расход на i-том участке во втором приближении равен

$$Q_i'' = Q_i' + \Delta Q, \qquad (6)$$

где Q_i' – расход на i-том участке в первом приближении, с учётом знака, указанного в таблице 5.

В рассматриваемом примере расчёта кольца в первом приближении

$$\sum h_w = 3{,}32 \text{ м} > 0{,}5 \text{ м}.$$

Находим поправочный расход по формуле (5):

$$\Delta Q = -\frac{3{,}32}{2 \cdot 521{,}9} = -3{,}2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = -3{,}2 \text{ л/с}.$$

Таким образом, в рассматриваемом примере исправленные расходы в кольце соответственно с формулой (6) составят:

$Q''_{6-8} = 24{,}5 - 3{,}2 = 21{,}3$ л/с;

$Q''_{8-7} = 21{,}5 - 3{,}2 = 18{,}3$ л/с;

$Q''_{7-4} = 14{,}5 - 3{,}2 = 11{,}3$ л/с;

$Q''_{4-5} = -14{,}5 - 3{,}2 = -17{,}7$ л/с;

$Q''_{5-6} = -24{,}5 - 3{,}2 = -27{,}7$ л/с.

В связи с изменением расходов на участках кольца пересчитываем диаметры труб по формуле (2) и заносим в продолжение таблицы 5. Согласно расчетам изменились диаметры на участках 6–8 и 4–5.

Повторяем расчет и находим величину невязки, которая хотя и уменьшилась (2,23 м), но превышает допустимую величину.

По изложенной методике определяем поправочный расход

$$\Delta Q = -\frac{2{,}23}{2 \cdot 499{,}83} = -2{,}23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с} = -2{,}23 \text{ л/с}.$$

В третьем приближении поправляем расходы и диаметры труб на участках. После заполнения всех граф определяем величину невязки, которая снизилась до $\sum h_w = -0{,}01$ м. Это означает, что потери уравнены и кольцевая часть сети будет работать в этом расчетном режиме.

Необходимо подчеркнуть, что во всех последующих приближениях, диаметры труб на участках кольца могут изменяться или оставаться без изменений. Это зависит от величины поправочного расхода. Как показывает практика, двух-трех повторностей оказывается вполне достаточно для полного расчёта кольца.

2.2. Расчёт тупиков

Расчет тупиков, входящих в состав водопроводной сети, ведется также в табличной форме. Правда, по сравнению с расчетом кольца здесь имеются некоторые особенности.

Во-первых, в таблице отсутствуют столбцы «Знак» и «Поправочный расход».

Во-вторых, в расчетную схему водопроводной сети входит участок 1-3, на котором одновременно с узловым расходом Q_3 имеется путевое водопотребление, заданное удельным путевым расходом q. Поэтому расчетный расход на данном участке определяется по формуле

$$Q_{1-3} = Q_3 + 0{,}5ql_5, \tag{7}$$

где Q_{1-3} – общий расход воды на участке 1–3, м^3/с;

q – удельный путевой расход, $\frac{\text{м}^3/\text{с}}{\text{м}}$;

l_5 – длина участка 1–3, м;

$$Q_{1-3} = 8 + 0{,}5 \cdot 0{,}03 \cdot 100 = 9{,}5 \text{ л/с}.$$

В-третьих, по трём тупикам заданной схемы ($l_{вс}$, l_1 и l_2) вода подается не из водонапорной башни, а в процессе работы насоса, подача которого определяется по формуле:

$$Q_{н.с.} = \frac{Q_{max\,с} \cdot T_{сут}}{K_2 \cdot T}, \tag{8}$$

где $Q_{н.с.}$ – подача насоса, м^3/с;

$Q_{max\,с}$ – максимальный секундный расход воды в водопроводной сети, м^3/с;

$T_{сут}$ – продолжительность суток, ч;

K_2 – коэффициент часовой неравномерности;

T – время работы насоса, ч.

Для Рассматриваемого примера расчета указанные расходы соответственно составляют:

$Q_{max.c} = 55$ л/с (рассчитан в начале);

$$Q_{в.с.} = \frac{55 \cdot 24}{2{,}5 \cdot 12} = 44 \text{ л/с}.$$

Все последующие расчеты (определение диаметров труб и потерь напора) представлены в таблице 7.

Таблица 7

Расчёт тупиков

Участок	Длина, l, м	Расход, Q, л/с	Диаметр, d, мм	Уд. сопротивление, А, с^2/м^6	$A \cdot l$, с^2/м^5	$A \cdot l \cdot Q$, с/м^2	$h_w = A \cdot l \cdot Q^2$, м
Нс–1	100	44	250	2,19	213	9,6	0,42
1-1	500	44	250	2,19	1095	48,2	2,12
1-2	400	4	75	929,40	371760	1487,0	5,95
1-3	100	9,5	125	76,36	7636	72,5	0,69
1-4	600	20	175	20,79	12474	249,5	4,99
8-9	300	2	75	929,40	278820	557,6	1,12
6-III	350	55	300	0,8466	296	16,3	0,90

3. РАСЧЁТ ВЫСОТЫ И ЁМКОСТИ ВОДОНАПОРНОЙ БАШНИ

Эффективная эксплуатация водопроводной сети возможна в том случае, если будет обеспечена необходимая высота водонапорной башни, которая определяется по формуле (рис. 5):

$$H_б = H_р + \sum h_{wб-д} + \left(Z_д - Z_б\right), \qquad (9)$$

где $H_б$ – высота водонапорной башни, м;

$H_р$ – рабочий напор, равный 5…10 м;

$\Sigma h_{wб-д}$ – потери напора по пути движения воды от башни до диктующей точки, м;

$Z_д$ и $Z_б$ – отметки поверхности земли, соответственно, у диктующей точки и башни, м.

Диктующей называется точка водопроводной сети, для которой высота башни, подсчитанная по формуле (9), окажется наибольшей. Обычно для этого необходимо проверить 2…3 точки сети: наиболее удаленные от башни и высокие на местности. Сопоставляя полученные величины, выбираем из них наибольшее

значение. Это и будет необходимая высота башни $H_б$, а соответствующая точка – диктующая для данной сети.

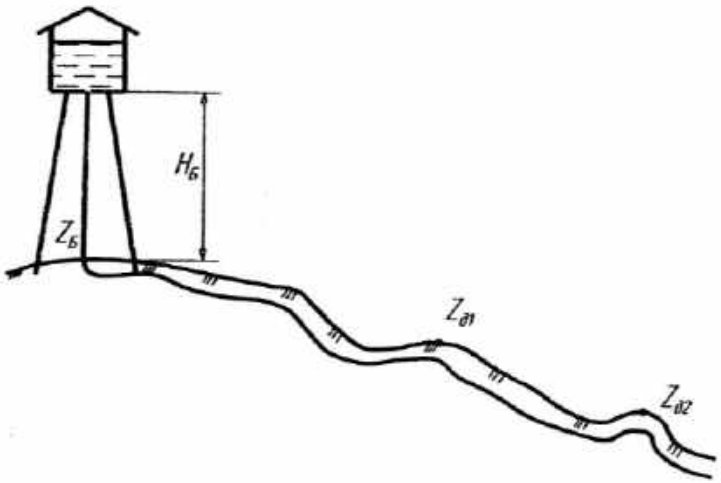


Рис. 5. Схема к определению высоты башни

В данном примере диктующей точкой могут оказаться точки 2, 3 или 9.

Выполнив соответствующие расчеты, получим:

а) для точки 2

$$H_{б2} = H_р + h_{н6-Ш} + h_{н5-6} + h_{н4-5} + h_{н1-4} + h_{н1-2} + (Z_2 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}55 + 2{,}45 + 4{,}99 + 5{,}95 + (5 - 17) = 13{,}84 \text{ м};$$

б) для точки 3

$$H_{б3} = H_р + h_{н6-Ш} + h_{н5-6} + h_{н4-5} + h_{н1-4} + h_{н1-3} + (Z_3 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}55 + 2{,}45 + 4{,}99 + 0{,}69 + (4 - 17) = 7{,}58 \text{ м};$$

в) для точки 9

$$H_{б9} = H_р + h_{н6-Ш} + h_{н6-8} + h_{н8-9} + (Z_9 - Z_б) =$$
$$= 10 + 0{,}90 + 1{,}37 + 1{,}12 + (2 - 17) = -1{,}61 \text{ м}.$$

Приведенные расчеты свидетельствуют о том, что из трех проверенных точек сети диктующей оказалась точка 2, а необходимая высота водонапорной башни составляет $H_б = 13{,}84$ м.

Необходимую емкость водонапорной башни чаще всего определяют графическим способом. Для этого по исходным данным суточных норм водопотребления (табл. 3) строим ступенчатый график суточного водопотребления (рис. 6). При этом по оси

абсцисс откладываем часы суток, а по оси ординат соответствующее каждому часу часовое водопотребление в процентах от суточного.

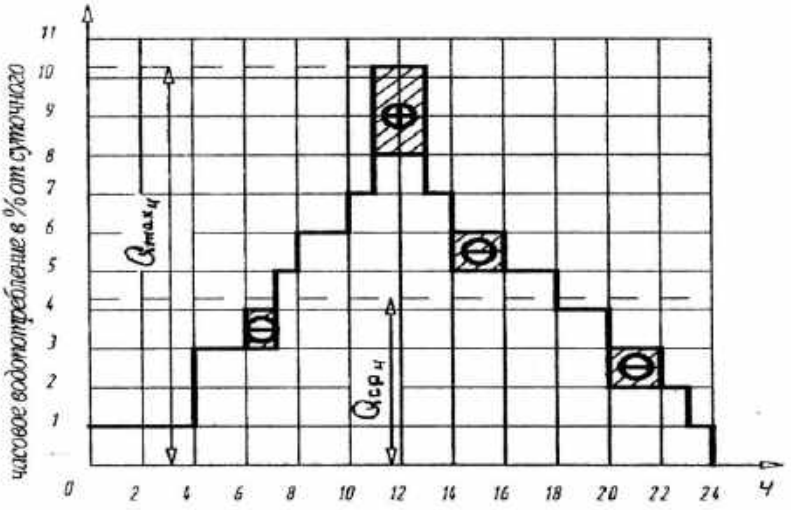


Рис. 6. Суточный график водопотребления

Следует отметить, что приведенные в исходных данных проценты часового водопотребления являются среднестатистическими для объектов сельскохозяйственного водоснабжения. Поэтому построенный ступенчатый график водопотребления необходимо скорректировать в соответствии с полученным в задании коэффициентом часовой неравномерности K_2. Указанная корректировка выполняется следующим образом.

Определяем среднее часовое водопотребление в течение суток по формуле:

$$Q_{ср.ч} = \frac{100\,\%}{T_{сут}} = \frac{100}{24} \cong 4{,}17\,\%\,. \qquad (10)$$

Затем определяем фактическое максимальное часовое водопотребление:

$$Q_{max.ч} = Q_{ср.ч} \cdot K_2\,, \qquad (11)$$

где K_2 – коэффициент часовой неравномерности.

Подставив данные, получим:

$$Q_{\text{max ч}} = 4{,}17 \cdot 2{,}5 \approx 10{,}4\%.$$

Полученное значение $Q_{\text{max ч}}$ = 10,4% откладываем на графике водопотребления (рис. 6) в часы максимального расхода воды, т.е. с 11 до 13 ч. При этом площадь многоугольника, ограниченного ломаной скорректированной линией водопотребления и осью абсцисс увеличилась на величину заштрихованной площадки со знаком «+». Чтобы не выходить за пределы общего суточного водопотребления, равного 100%, необходимо площадь многоугольника уменьшить в любое другое время суток на такую же по величине площадку, заштрихованную со знаком «–». Полученная после этого ломаная линия и есть искомая скорректированная ступенчатая кривая суточного водопотребления.

По этой ступенчатой кривой можно построить интегральную кривую потребления воды (рис. 7).

Она представляет собой нарастающую сумму потребления в процентах от суточного потребления с начала и до конца суток (кривая 1).

На этот же график (рис. 7) наносится прямая линия подачи воды насосом в предположении, что он работает без перерыва в соответствии с заданием (в нашем примере T = 12 ч), подавая необходимое количество воды (100%). Далее эта прямая 2 смещается на графике параллельно самой себе в стремлении максимального сближения с интегральной кривой водопотребления 1. Анализируя взаимное расположение кривой 1 и прямой 2, устанавливают для каждого момента времени, сколько воды израсходовано с начала суток, сколько её подано насосом, а также определяют необходимый остаток воды в водонапорной башне (разность ординат интегральной кривой потребления и подачи воды насосом). На тех участках графика, где линия подачи проходит выше кривой, объем поданной воды больше, чем израсходованной, а на остальных участках наоборот.

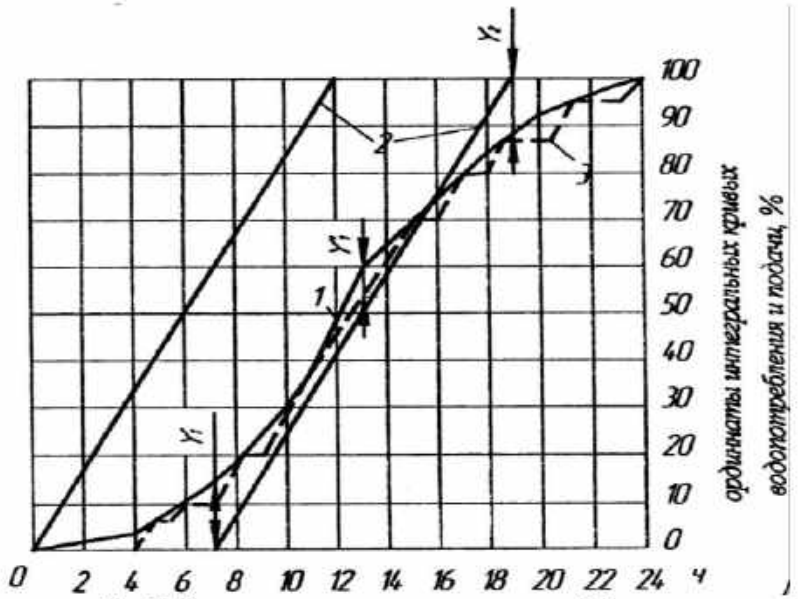


Рис.7. Определение емкости водонапорной башни:
1 – интегральная кривая потребления воды; 2 – линия подачи воды насосом при работе его без перерывов; 3 – линия подачи воды насосом при работе его с перерывами

Для получения необходимого объема водонапорной башни нужно сложить максимальные отклонения прямой 2 от кривой 1 как в большую, так и в меньшую стороны. Объём водонапорной башни равен:

$$V_б = \frac{(y_1 + y_2) \cdot Q_{max.сут}}{100}, \qquad (12)$$

где $V_б$ – регулирующая емкость водонапорной башни, м^3;

y_1 – максимальная ордината от линии подачи воды насосом до интегральной кривой потребления вверх, т.е. максимальный недостаток воды, %;

y_2 – максимальная ордината от линии подачи воды насосом до интегральной кривой потребления вниз, т.е. максимальный избыток воды, %;

$Q_{max.сут}$ – максимальное суточное водопотребление, м^3.

Его необходимо определить по формуле:

$$Q_{\text{max.сут}} = \frac{Q_{max.c} \cdot 3600 \cdot T_{\text{сут}}}{K_2} \qquad (13)$$

Для рассматриваемого примера:

$$Q_{\text{max.сут}} = \frac{55 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \cdot 24}{2{,}5} = 1900 \text{ м}^3.$$

Предположим, что насос будет непрерывно работать с 7 до 19 ч, т.е. 12 ч (рис.7). В таком случае максимальный недостаток воды составит y_1 = 13%, максимальный избыток y_2 = 11%, а необходимая емкость водонапорной башни:

$$V_б = \frac{(13+11) \cdot 1900}{100} = 456 \text{ м}^3.$$

Если учитывать, что для водоснабжения сельскохозяйственных предприятий, как правило, используются башни конструкции инженера А.А. Рожновского с вместимостью от 15 до 150 м^3, то полученная емкость башни явно велика. Её можно значительно уменьшить путем автоматизации работы насоса. При этом насос будет работать не непрерывно, а с остановками. Чтобы общее время работы насоса в течение суток осталось неизменным, необходимо пунктирную линию 3 провести на рисунке 7 с тем же углом наклона, что у линии 2, стараясь при этом уменьшить отрезки y_1 и y_2. В рассматриваемом примере линия подачи воды насосом при работе его с перерывами (кривая 3) проведена таким образом, что максимальный недостаток воды y_1^1 составил 6% (в 13 ч), а избытка подачи воды вообще не наблюдалось ($y_2^1 = 0$). В таком случае емкость водонапорной башни составит:

$$V_б = \frac{(6+0) \cdot 1900}{100} = 114 \text{ м}^3.$$

Из приложения 5 выбираем водонапорную башню Рожновского БР-150 (шифра соответствует вместимости башни).

Следует отметить, что автоматизация работы насоса кроме уменьшения емкости башни, сокращает количество обслуживающего персонала, что удешевляет эксплуатацию водопровода.

В завершение этого раздела остается добавить, что при наличии определенных навыков, как правило, все кривые, представленные на рисунке 6, 7, выполняются на одном и том же графике.

4. РАСЧЁТ ОРДИНАТ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОЙ ЛИНИИ

Для проверки выполненного расчета водопроводной сети необходимо найти ординаты пьезометрической линии. Каждая узловая точка сети характеризуется своей ординатой пьезометрической линии $Z_{\text{пi}}$, состоящей из высоты положения $h_{\text{г}i}$ и рабочего (свободного) напора $H_{\text{р}i}$.

Вычисление ординат пьезометрической линии, а также связанных с ними рабочих напоров в узловых точках водопроводной сети удобнее всего вести в табличной форме (табл. 8.)

В первую строку этой таблицы заносятся номера всех узловых точек сети, а во вторую – соответствующие им геодезические высоты $Z_{\text{г}i}$, которые указаны на схеме водопроводной сети (рис. 2).

Заполнение третьей строки таблицы 8 начинается с точки, где в соответствии с заданием установлена водонапорная башня. В данном примере эта точка III. Вычисленная в предыдущем разделе высота башни $H_{\text{б}}$ (наибольшая из всех проверенных вариантов) соответствует рабочему напору в точке установки башни, т.е. в точке III. В рассматриваемом примере $H_{\text{б}}$ = 13,84 м. Это число заносится в четвертую строку таблицы 8 для точки III. По известному рабочему напору определяется ордината пьезометрической линии для этой точки сети по формуле:

$$Z_{\text{пi}} = H_{\text{р}i} + Z_{\text{г}i}, \qquad (14)$$

где $Z_{\text{п}i}$ – ордината пьезометрической линии в i-ой точке сети, м;

$H_{\text{р}}$ – рабочий напор в i-ой точке сети, м;

$Z_{\text{г}i}$ – геодезическая высота в i-ой точке сети, м.

Подставив значения, получим:

$$Z_{\text{пШ}} = 13{,}84 + 17 = 30{,}84 \text{ м}.$$

Далее можно определить ординаты пьезометрической линии последовательно для всех остальных узловых точек водопроводной сети, двигаясь кратчайшим путем по ходу движения воды от башни ко всем последующим точкам. При этом ордината пьезометрической линии в каждой последующей точке сети будет уменьшаться от предыдущей на величину потерь напора на участке между двумя соседними точками. Таким образом, вода из точки Ш в первую очередь попадает в точку 6, и ордината пьезометрической линии в точке 6 составит:

$$Z_{\text{п6}} = Z_{\text{пШ}} - h_{\text{w6–Ш}} = 30{,}84 - 0{,}90 = 29{,}94 \text{ м}.$$

В последующем вода из точки 6 поступает в точку 5 и точку 8, теряя при этом запас напора на преодоление потерь напора соответственно на участках 5–6 и 6–8. Следовательно:

$$Z_{\text{п5}} = Z_{\text{п6}} - h_{\text{w5–6}} = 29{,}94 - 1{,}55 = 28{,}39 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п8}} = Z_{\text{п6}} - h_{\text{w6–8}} = 29{,}94 - 1{,}37 = 28{,}57 \text{ м}.$$

Аналогично определяют ординаты пьезометрической линии для всех остальных узловых точек сети.

$$Z_{\text{п7}} = Z_{\text{п8}} - h_{\text{w7–8}} = 28{,}57 - 1{,}61 = 26{,}96 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п9}} = Z_{\text{п8}} - h_{\text{w8–9}} = 28{,}57 - 1{,}12 = 27{,}45 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п4}} = Z_{\text{п5}} - h_{\text{w4–5}} = 28{,}39 - 2{,}45 = 25{,}94 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п1}} = Z_{\text{п4}} - h_{\text{w1–4}} = 25{,}94 - 4{,}99 = 20{,}95 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п2}} = Z_{\text{п1}} - h_{\text{w1–2}} = 20{,}95 - 5{,}95 = 15{,}00 \text{ м}.$$
$$Z_{\text{п3}} = Z_{\text{п1}} - h_{\text{w1–3}} = 20{,}95 - 0{,}69 = 20{,}26 \text{ м}.$$

Рабочие напоры во всех узловых точках водопроводной сети определяются по формуле:

$$H_{\text{р}i} = Z_{\text{п}i} - Z_{\text{г}i}\,. \qquad (15)$$

Результаты всех расчетов данного раздела заносятся в таблицу 8.

Полностью заполнив таблицу 8, выполняют визуальную проверку правильности проведенных расчетов. Если рабочий напор в диктующей точке водопроводной сети окажется равным выбранному ранее в формуле (9) $H_р$ = 10 м, а во всех остальных точках водопровода он превышает указанное значение, то, значит, расчеты выполнены верно.

Таблица 8

Значения ординат пьезометрической линии в зависимости от геодезической высоты и потерь напора

№ точки	Геодезическая высота	Ордината	Рабочий напор
Ш	17	31,06	14,06
1	3	20,95	17,95
2	5	15,00	10,00
3	4	20,26	16,26
4	6	25,94	19,94
5	8	28,82	20,82
6	10	30,16	20,16
7	9	27,44	18,44
8	7	29,53	22,53
9	2	28,41	26,41

5. ПОДБОР НАСОСА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЕГО РАБОТЫ

Для водоснабжения сельскохозяйственных объектов обычно применяют центробежные поверхностные насосы различного типа (если в задании указан поверхностный водоисточник и дана длина всасывающей трубы) или погружные электронасосы (в этом случае в задании указывается динамический уровень воды в скважине).

Выбор конкретной марки насоса определяется совокупностью двух основных его параметров: подачи насоса $Q_{н.с.}$ и полного напора $H_н$.

Что касается подачи насоса $Q_{н.с.}$, то она была определена ранее по формуле (8) и для рассматриваемого примера составила $Q_{н.с.}$ = 44 л/с.

Напор же насоса $H_н$, необходимый для подъема воды в количестве $Q_{н.с.}$ на заданную высоту определяется (рис. 8) по формуле:

$$H_{н} = H_{р} + H_{б} + (Z_{б} - Z_{н.с.}) + h_{увс} + \sum h_{ун.с.-б}, \qquad (16)$$

где $H_{н}$ – напор насоса, м;

$Z_{н.с.}$ – геодезическая высота расположения насосной станции на схеме водопроводной сети, м;

$h_{увс}$ – общие потери напора во всасывающей трубе, м;

$\sum h_{ун.с.-б}$ – сумма общих потерь напора в напорной линии при движении воды кратчайшим путем от насосной станции до башни, увеличенная на 5…10%, м.

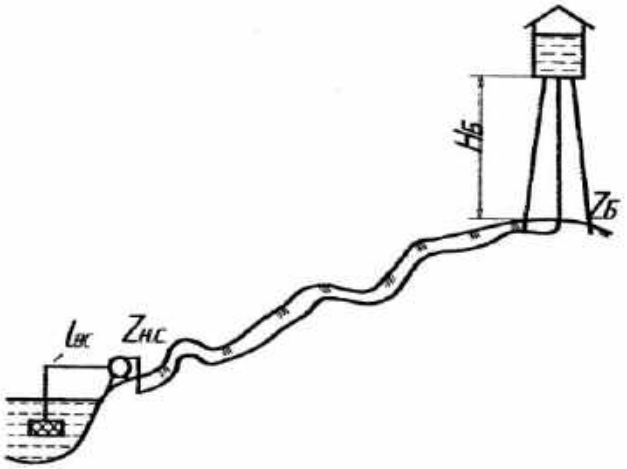


Рис. 8. Схема подачи воды насосной станцией

Общие потери напора во всасывающей трубе определяются по формуле:

$$h_{увс} = \left(\sum \xi + \lambda \frac{l}{d} \right) \frac{v_{вс}^2}{2g}, \qquad (17)$$

где $\sum \xi$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений: клапана ξ= 0…15; поворота ξ=0,3;

λ – коэффициент сопротивления трения;

l – длина всасывающей трубы, м;

$d_{вс}$ – диаметр всасывающей трубы, м;

$v_{вс}$ – скорость движения воды во всасывающей трубе, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Скорость воды во всасывающей трубе:

$$v_{вс} = \frac{Q}{S} = \frac{4 \cdot Q}{\pi d_{вс}^2}. \qquad (18)$$

Примем, что всасывающая труба имеет те же размеры, что и напорная на участке от насоса до узла 1.

Тогда диаметр всасывающей трубы d = 250 мм, а скорость $v = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0{,}25^2} = 0{,}9$ м/с.

Примем $\sum\xi = 12{,}2 + 0{,}3 = 12{,}5$; $\lambda = 0{,}03$.

Подставив в формулу (17) выбранные и полученные числовые значения получим:

$$h_{wвс} = (12{,}5 + 0{,}03 \cdot \frac{8}{0{,}25}) \cdot \frac{0{,}9^2}{2 \cdot 9{,}81} = 13{,}46 \cdot \frac{0{,}81}{19{,}62} = 0{,}56 \text{ м}.$$

Сумма общих потерь напора в напорной линии с учетом местных потерь напора в размере 5% от потерь напора по длине для рассматриваемого примера составляет:

$$\sum h_{wн.с.-б} = 1{,}05(h_{wн.с.-1} + h_{w1-1} + h_{w1-4} + h_{w4-5} + h_{w5-6} + h_{w6-Ш});$$
$$\sum h_{wн.с.-б} = 1{,}05(0{,}42 + 2{,}12 + 4{,}99 + 2{,}45 + 1{,}55 + 0{,}90) = 13{,}05 \text{ м}.$$

Следовательно, необходимый напор насоса будет равен:

$$H_н = 10 + 13{,}84 + (17 - 0) + 0{,}56 + 13{,}05 = 54{,}45 \text{ м}.$$

Полученные значения $Q_{н.с.}$ = 44 л/с и $H_н$ = 54,45 м являются основанием для выбора подходящей для данного примера марки насоса.

Напоминаем, что *характеристикой насоса* называется графическая зависимость напора насоса H, допустимой вакуумметрической высоты всасывания $H_{вак}^{доп}$, мощности насоса P и его КПД η от подачи насоса Q при постоянной частоте вращения (n = const). Характеристики наиболее распространенных в сельской местности насосов представлены в приложении 6. При выборе нужной марки насоса необходимо руководствоваться следующими требованиями: точка A (рис. 9) с координатами $Q_{н.с}$ и $H_н$ должна находиться ниже кривой напора насоса H, причем как можно ближе к ней, но обязательно в рабочей зоне насоса, т.е. в зоне наивысших значений

КПД насоса η. В таком случае эксплуатация насоса будет экономически выгодной, а, значит, и целесообразной.

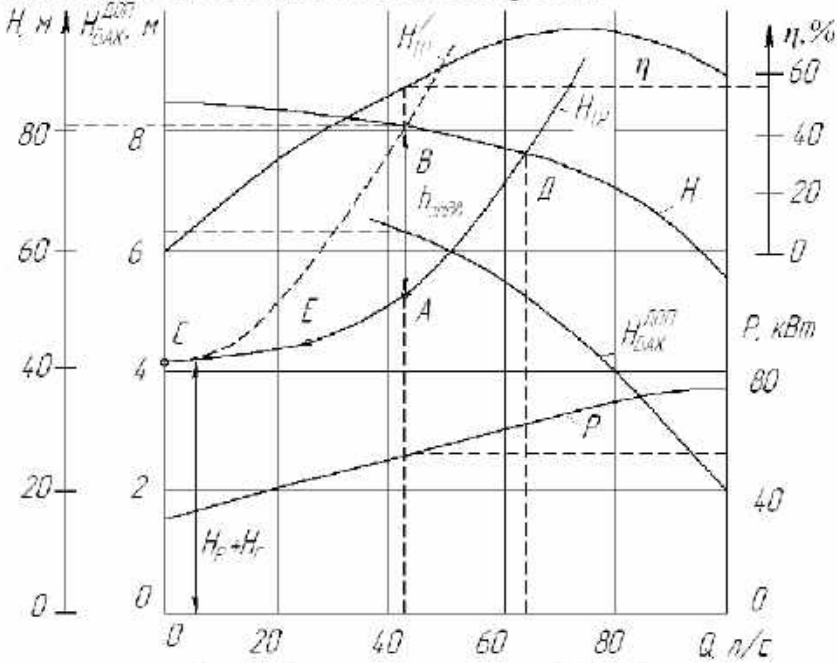


Рис. 9. Характеристика насоса Д 250-75
при частоте вращения $n = 2950$ мин$^{-1}$.

Если указанным требованиям отвечают характеристики двух или более насосов, то правильным будет выбор того насоса, у которого отклонение точки A от кривой напора H будет наименьшим, а КПД η при этом – наибольшим.

В соответствии с изложенными требованиями для данного примера выбираем из приложения 6 насос Д 250-75 с двухсторонним входом воды на колесо и вычерчиваем его характеристику (рис. 9).

Для определения режима или параметров работы насоса необходимо на характеристику насоса наложить характеристику трубопровода $H_{тр}$, которая представляет собой параболическую зависимость сопротивления трубопровода от расхода воды в сети.

Для построения этой параболы можно использовать три точки A, C и E. Координатами точки A являются расчетные значения

$Q_{н.с}$ = 44 л/с и $H_н$ = 54,45 м. Точка *C* соответствует характеристике трубопровода при нулевом расходе воды, а значит находится на пересечении координат $Q = 0$ и $H_0 = H_р + H_г = H_р + H_б + (Z_б - Z_{н.с.})$. В рассматриваемом примере $H_р + H_б + (Z_б - Z_{н.с}) = 10 + 13{,}84 + (17 - 0) = 40{,}84$ м. Точка *E* соответствует расходу $Q = Q_{н.с.}/2$.

Координаты этих точек имеют следующие значения: $A(Q_{нс}, H_н)$, $C(0, H_0)$, $E\left(Q_{нн}/2, H_0 + \frac{H_i - H_0}{4}\right)$. Для рассматриваемого числового примера точки имеют координаты: *A*(44; 54,45), *C*(0; 40,84), *E*(22; 44,24).

При пересечении характеристики трудопровода $H_{тр}$ с напорной характеристикой насоса *H* получим точку *Д*, которая называется рабочей точкой насоса. Её положение на рисунке 9 позволяет определить режим работы насоса с заданным трубопроводом, а именно: напор насоса $H_н$ и подачу насоса $Q_{н.с}$. Для рассматриваемого примера находим: $H_н$ = 76 м и $Q_{н.с}$ = 64 л/с. Как видим, полученная подача насоса превышает расчетное значение (64 л/с > 44 л/с). Чтобы подать выбранным насосом требуемое количество воды, можно либо уменьшить частоту вращения вала насоса, либо прибегнуть к обточке рабочего колеса насоса. В обоих этих случаях можно получить требуемую характеристику насоса $H^1_н$, которая пересечется с характеристикой трубопровода $H_{тр}$ при нужной подаче $Q_{н.с.}$, т.е. при 44 л/с.

Однако на практике чаще всего изменяют сопротивление трубопровода в сторону увеличения путем прикрытия задвижки на напорной линии так, чтобы получить заданную подачу воды. Парабола при этом возрастает круче и пересекается с кривой напора насоса *H* в точке *B*, которая является рабочей точкой насоса и определяет необходимый режим совместной работы выбранного насоса с заданной водопроводной сетью.

Характеристика трубопровода с добавочным сопротивлением в прикрытой задвижке $H^1_{тр}$ показана на рисунке 9 пунктирной линией. Как видно из рисунка 9, в месте установки задвижки необходимо погасить излишки напора в размере $h_{задв}$ = 26 м. Следует иметь в виду, что при подборе марки насоса необходимо стремиться к тому, чтобы эти потери напора в задвижке не оказались очень большими.

Положение рабочей точки насоса *B* на рисунке 9 позволяет определить фактический режим его работы. Для этого через указанную рабочую точку В необходимо провести вертикальную линию и на пересечении ее с каждой из функциональных зависимостей прочитать по соответствующей масштабной шкале все параметры работы насоса. В примере они, соответственно, составляют:

$$Q_{н.с} = 44 \text{ л/с}; H_н = 81 \text{ м}; H_{вак}^{доп} = 6{,}3 \text{ м}; P = 52 \text{ кВт}; \eta = 59\%.$$

Однако действительный коэффициент полезного действия насоса, работающего с прикрытой задвижкой, будет меньше. Его можно определить по формуле:

$$\eta_д = \eta\left(1 - h_{задв}/H_н\right), \tag{19}$$

где η – КПД насоса, определенный по его характеристике;

$h_{задв}$ – потери напора в задвижке, м;

$H_н$ – напор насоса, соответствующий рабочей точке;

$$\eta_д = 59\ (1 - 26/81) = 40{,}8\%.$$

По установленной допустимой вакуумметрической высоте всасывания $H_{вак}^{доп}$ можно определить допустимую высоту всасывания воды насосом по формуле:

$$H_{вс} = H_{вак}^{доп} - h_{увс} - \frac{v_{вх}^2}{2g}, \tag{20}$$

где $H_{вс}$ – допустимая по условиям кавитации высота всасывания насоса, м;

$H_{вак}^{доп}$ – допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м;

$v_{вх}$ – скорость движения воды во входном патрубке насоса, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с^2.

Диаметр входного патрубка насоса $d_{вх}$ = 200 мм. По формуле (18) определяем.

$$v_{вх} = \frac{4 \cdot 44 \cdot 10^{-3}}{3{,}14 \cdot 0{,}2^2} = 1{,}40 \text{ м/с}.$$

Тогда для рассматриваемого примера:

$$H_{вс} = 6{,}3 - 0{,}56 - \frac{1{,}4^2}{2 \cdot 9{,}81} = 5{,}64 \text{ м.}$$

Следует напомнить, что в тех вариантах расчетно-графической работы, где в задании задан динамический уровень воды в скважине, для подачи ее в водопроводную сеть подбирается погружной насос. У этих насосов, как известно, всасывающая труба отсутствует и поэтому рабочими параметрами таких насосов, подлежащими определению в данном разделе работы, являются подача $Q_{н.с}$, напор насоса $H_н$, мощность P и КПД насоса η.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ К СДАЧЕ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

1. Что положено в основу распределения расходов по участкам?
2. Как определяется экономически выгодный диаметр труб?
3. Методика расчета местных потерь напора и потерь по длине?
4. Как устанавливается правильность расчета кольцевой сети?
5. Почему нельзя допустить величину невязки больше 0,5 м?
6. Для чего, и как определяется поправочный расход?
7. Определение расчетного расхода на участке с путевым расходом.
8. Почему потери на положительных и отрицательных участках кольца одинаковы?
9. Как определить подачу насосной станции?
10. Как найти время работы насосной станции?
11. Как рассчитать высоту водонапорной башни?
12. Что такое рабочий напор? Чему он должен быть равен у 5-ти этажного здания?
13. Какие имеются способы для определения регулирующей емкости башни?
14. Как найти регулирующую емкость с помощью интегральной кривой расхода воды?
15. Что применяется для уменьшения емкости башни?
16. Что является характерным в устройстве и эксплуатации башни Рожновского?

17. Как определяется среднесуточный расход в системе водоснабжения?
18. Как определяется, и какое имеет назначение максимальный суточный расход?
19. Определение и назначение максимального часового расхода.
20. Как рассчитываются ординаты пьезометрической линии?
21. Определение свободного напора в узловых точках.
22. Что необходимо знать для подбора насоса?
23. Как определить напор насоса расчетным путем и по показателям приборов?
24. Каким образом можно убедиться в правильности подбора насоса?
25.Что называется рабочей точкой насоса?
26. Название способов изменения положения рабочей точки насоса. Объяснение.
27. Как пересчитать подачу и напор насоса при изменении частоты вращения рабочего колеса?
28. Как определить полезную мощность насоса?
29. Чем и как оборудуются всасывающая и нагнетательная трубы насоса?
30. Почему высота всасывания насоса не может достигать 10 м?
31. Почему необходимо определять высоту всасывания перед монтажом насоса?
32. Как определяется высота всасывания насоса?
33. Что такое кавитация? Какие могут быть приняты меры для ее гашения?
34. Как пустить насос в работу?
35. Изобразите главную характеристику 2-х параллельно или последовательно работающих насосов.
36. Почему при параллельной работе 2-х одинаковых насосов нельзя получить увеличение подачи в 2 раза?
37. Расшифруйте марку выбранного насоса.
38. Как проверить правильность вращения рабочего колеса?
39. Способы соединения труб в вашем варианте.
40. Чему равна глубина прокладки трубопровода?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кордон, М. Я. ГИДРАВЛИКА : учебное пособие / М. Я. Кордон, В. И. Симакин, И. Д. Горешник. – Пенза : изд. ТГУ, 2005 – 71 с. http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/862/36862/13875

2. Гидравлика : учебное пособие / Г.С. Бухвалов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2016 .– 174 с. – Режим доступа: https://lib.rucont.ru/efd/543435

3. Бухвалов, Г.С. Гидравлические машины : учеб. пособие / Г.С. Бухвалов, П.М. Карпов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. –177 с.

4. Палишкин, Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение : учебное пособие / Н.А. Палишкин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 351 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельные сопротивления стальных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	3686,00	300	0,8466
75	929,40	350	0,3731
100	112,90	400	0,1859
125	76,36	450	0,0928
150	30,65	500	0,0578
175	20,79	600	0,0226
200	6,69	700	0,0110
250	2,19	800	0,0055

Приложение 2

Удельные сопротивления чугунных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	11540,00	350	0,4365
100	311,70	400	0,2189
125	96,72	450	0,1186
150	37,11	500	0,0678
200	8,092	600	0,0260
250	2,528	700	0,0115
300	0,948	800	0,0057

Приложение 3

Удельные сопротивления асбестоцементных труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
50	6851,00	300	0,9140
75	835,30	350	0,4342
100	187,70	400	0,2171
125	76,08	500	0,0714
150	31,55	600	0,0212
200	6,90	700	0,0095
250	2,23	800	0,0048

Приложение 4

Удельные сопротивления полиэтиленовых труб

Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$	Диаметр, d, мм	Удельное сопротивление, A, $с^2/м^6$
51	6297,00	163	14,520
62	2470,00	184	7,708
73	966,40	204	4,495
90	323,60	229	2,457
102	168,20	248	1,620
114	94,08	279	0,875
130	47,36	314	0,472
147	24,92	354	0,252

Приложение 5

Краткая характеристика водонапорных башен

Тип башен	Марка башни	Высота ствола башни $H_б$, м	Вместимость бака, $W_б$, $м^3$
Унифицированная башня Рожновского	БР-15	12	15
	БР-25	12; 15	25
	БР-50	15; 18	20
	БР-100	15; 18	100
	БР-150	18	150

Приложение 6

Краткие сведения о насосах и их характеристики

В агропромышленном комплексе наибольшее распространение получили центробежные насосы нескольких типов, предназначенные для подачи воды как из поверхностных, так и из подземных источников. Чаще других применяются насосы типа *К*, типа *Д* и типа *ЭЦВ*.

Консольные насосы типа *К* – горизонтальные, одноступенчатые, консольного типа с рабочим колесом одностороннего входа – предназначены для подачи воды с температурой до 105°С и применяются для небольших стационарных и передвижных установок, Насосы типа К поставляются комплектно с электродвигателем, соединительной муфтой и фундаментной плитой.

В настоящее время насосы этого типа маркируются следующим образом: *К–Q/H*, где *К* – консольный насос; *Q* – подача насоса, $м^3$/ч; *H* – напор насоса, м. Например, марка насоса *К*–20/30 означает, что это насос консольного типа, имеет подачу 20 $м^3$/ч и напор 30 м при

этой подаче. Следует заметить, что до конца 70-х годов прошлого века эти насосы обозначали буквой *К*, перед которой указывали диаметр всасывающего патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз, а после буквы *К* через черточку – быстроходность насоса n_s, уменьшенную в 10 раз. Например, насос К–20/30 раньше имел марку 2К-6. Это означало, что насос – консольный, имеет диаметр всасывающего патрубка 50 мм, а быстроходность его $n_s = 60$.

Насосы с двухсторонним входом воды на колесо типа Д являются весьма распространенной группой одноступенчатых насосов с горизонтальным разъемом корпуса. Насосы этого типа с полуспиральным подводом жидкости к колесу с двухсторонним входом имеют ряд преимуществ по сравнению с другими насосами: лучшие кавитационные качества и разгруженность вала от осевых усилий за счет условий входа потока на рабочее колесо.

Насосы с двухсторонним входом сейчас маркируются так: *Д Q–H*, где *Д* – насос с двухсторонним входом жидкости; Q – подача насоса, м^3/ч; *H* – напор, м. Например, *Д* 250–75, что означает насос с двухсторонним входом, имеет подачу 250 м^3/ч и напор 75 м. Кстати, ранее эти насосы имели другое обозначение, а именно *аНДк*, где *а* – диаметр напорного патрубка в мм, уменьшенный в 25 раз; *Н* – насос; *Д* – двухстороннего входа воды на колесо; *к* – указатель напора, который развивает насос. При этом возможны следующие варианты напоров:
«*в*» – высоконапорный; «*с*» – средненапорный; «*н*» – низконапорный. Например, марка насоса 6*НДс* означает, что это насос с двухсторонним входом воды на колесо, имеет напорный патрубок диаметром 150 мм и создает средний напор.

Скважинные насосы с погружным электродвигателем типа *ЭЦВ* представляют собой агрегат, состоящий из центробежного многоступенчатого насоса и погружного электродвигателя, которые подвешиваются в скважине на колонне водоподъемных труб. Насосы *ЭЦВ* $d_{скв}$–*Q–H*, где *Э* – электрический; *Ц* – центробежный; *В* – водяной; $d_{скв}$ – диаметр скважины в мм, уменьшенный в 25 раз; *Q* – подача насоса, м^3/ч; *H* – напор насоса, м. Например марка насоса *ЭЦВ*–12–160–100 означает, что электрический центробежный водяной насос может использоваться в скважине диаметром 300 мм и имеет подачу 160 м^3/ч и напор 100 м при этой подаче.

Характеристики некоторых центробежных насосов представлены на рисунках П.6.1-П.6.12.

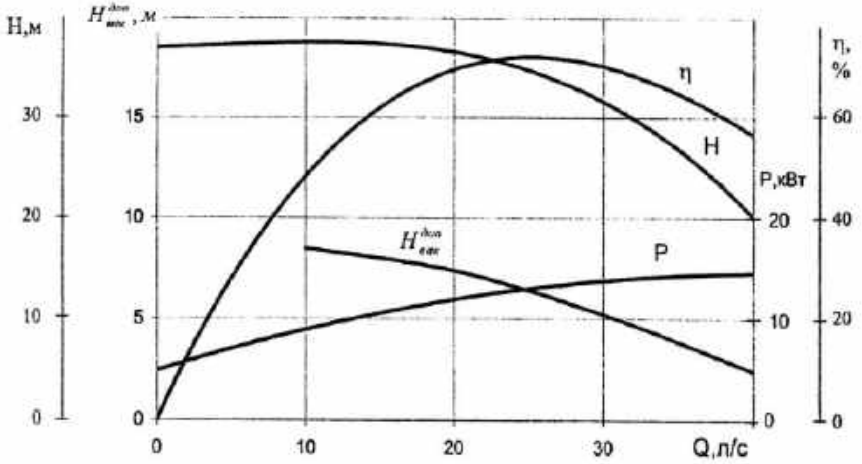


Рис. П.6.1. Характеристика насоса К-90/35 (4К-12) при n = 2900 мин$^{-1}$

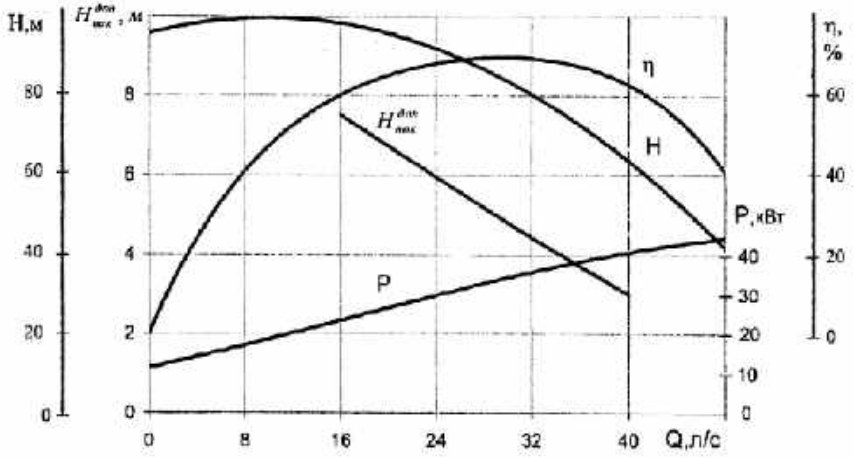


Рис. П.6.2. Характеристика насоса К-90/85 (4К-6) при n = 2900 мин$^{-1}$

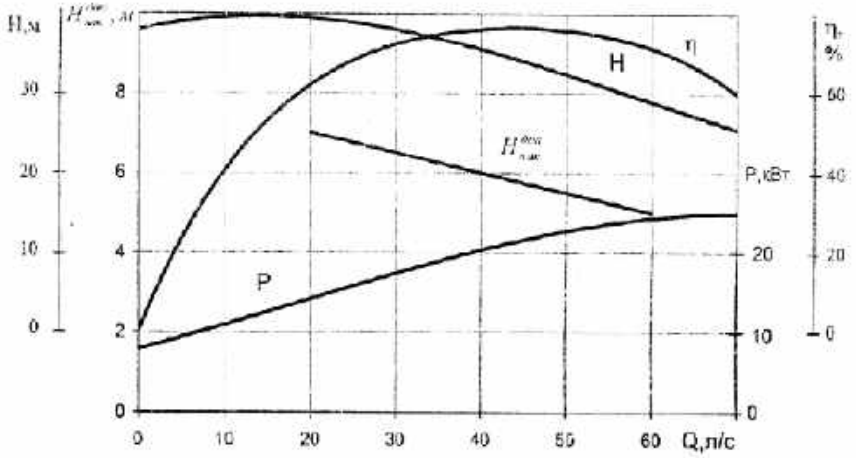


Рис. П.6.3. Характеристика насоса К-160/30 (6К-8) при n = 2900 мин$^{-1}$

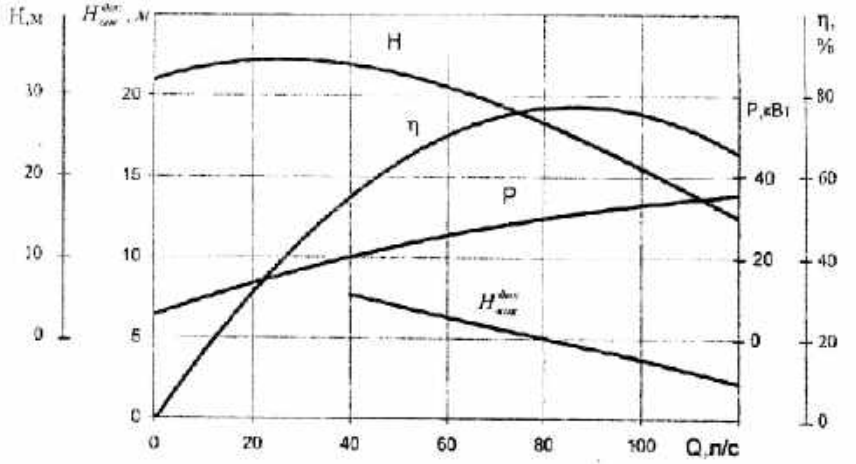


Рис. П.6.4. Характеристика насоса К-290/25 (8К-12) при n = 1450 мин$^{-1}$

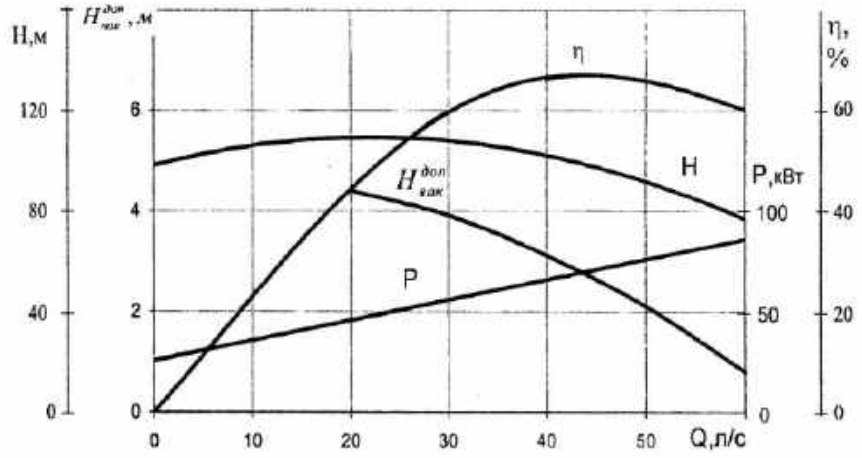


Рис.П.6.5. Характеристика насоса Д160-100 (4НД) при n = 2950 мин$^{-1}$

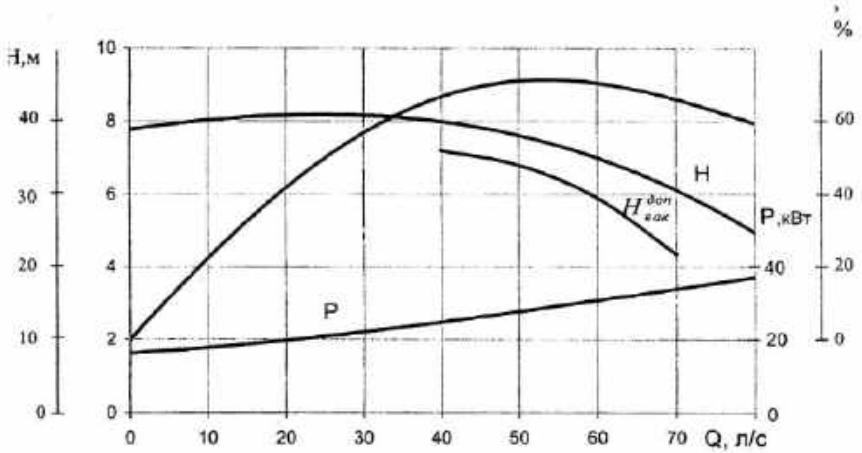


Рис.П.6.6. Характеристика насоса Д250-35 (5НДв) при n = 1450 мин$^{-1}$

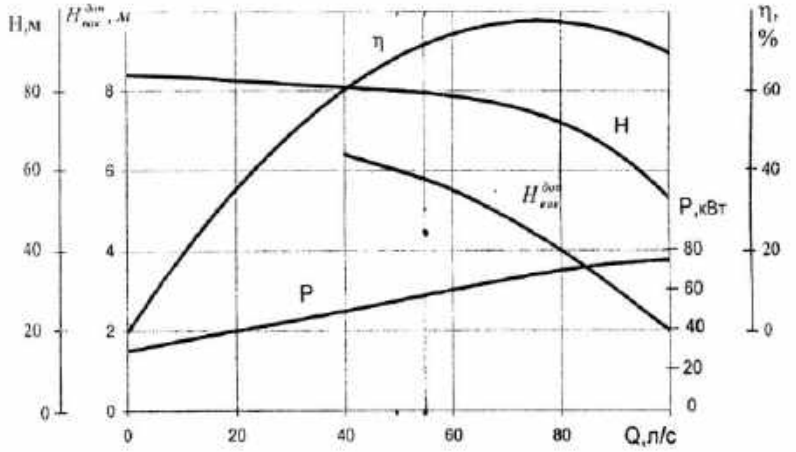


Рис.П.6.7. Характеристика насоса Д250-75 (6НДс) при n = 2950 мин$^{-1}$

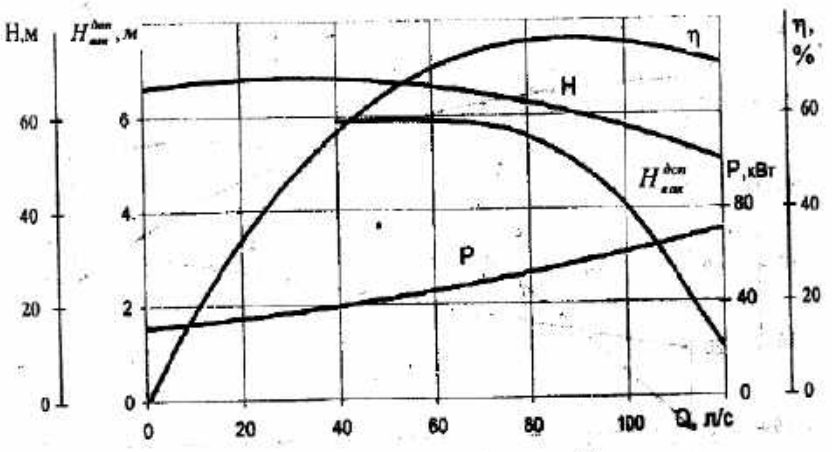


Рис.П.6.8. Характеристика насоса Д320-50 (6НДв) при n = 1450 мин$^{-1}$

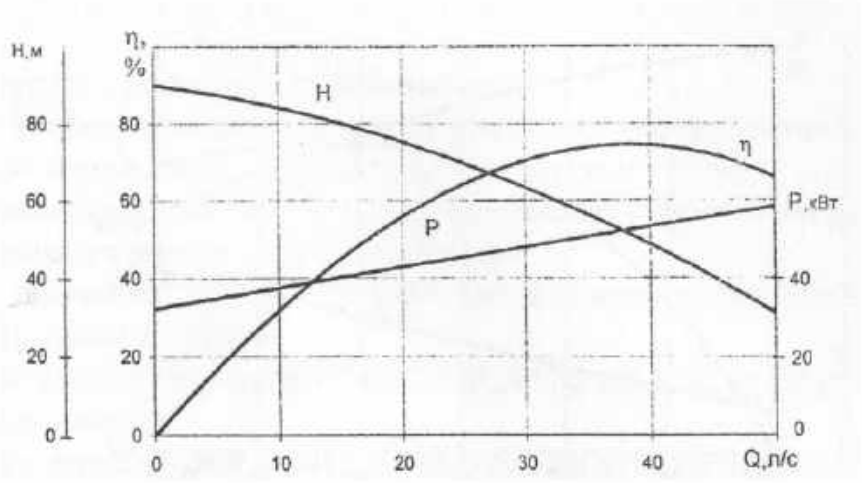


Рис.П.6.9. Характеристика насоса ЭЦВ 10-120-6

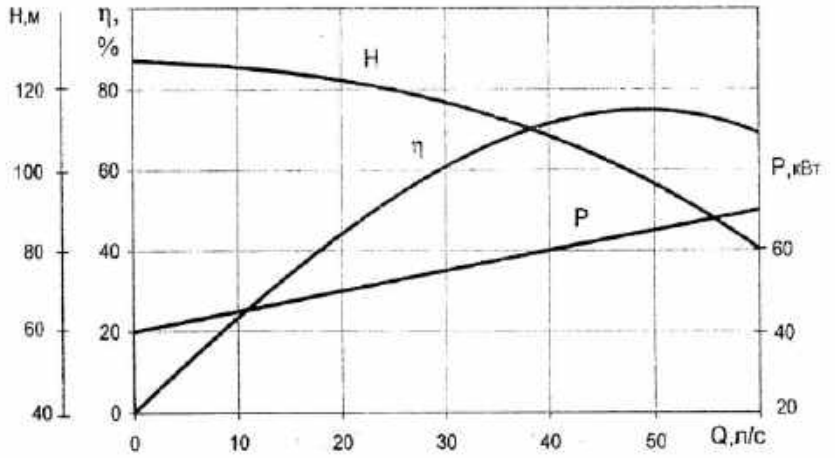


Рис. П.6.10. Характеристика насоса ЭЦВ 12-160-100

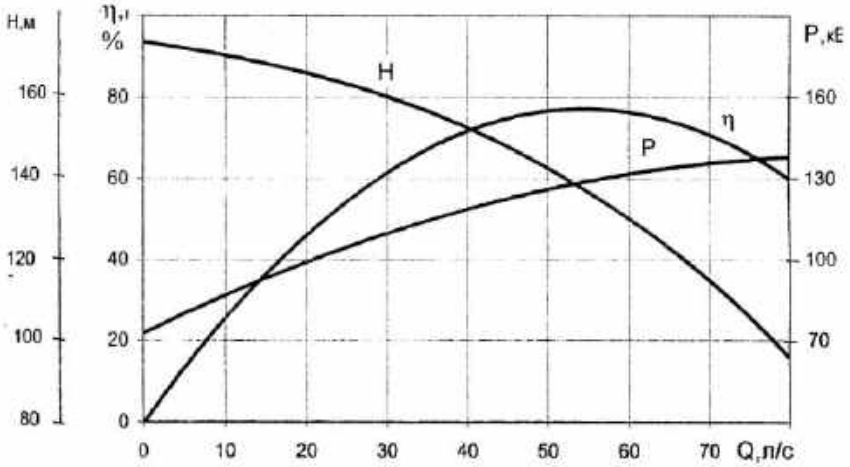


Рис.П.6.11. Характеристика насоса ЭЦВ 14-200-140

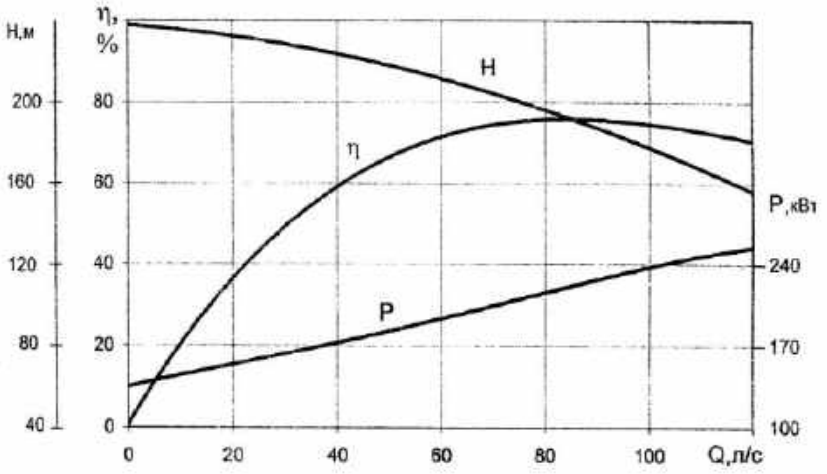


Рис.П.6.12. Характеристика насоса ЭЦВН 16-360-180

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Общие сведения 4

1. Исходные данные 6

2. Методика расчёта водопроводной сети 8

2.1. Гидравлический расчёт кольца 9

2.2. Расчёт тупиков 14

3. Расчёт высоты и ёмкости водонапорной башни 15

4. Расчёт ординат пьезометрической линии 21

5. Подбор насоса и определение параметров его работы 23

6. Контрольные вопросы для подготовки к сдаче расчетно-графической работы 29

Рекомендуемая литература 31

Приложения 32

Учебное издание

Составители:

Киров Юрий Александрович
Денисов Сергей Владимирович
Мишанин Александр Леонидович

Гидравлический расчет водопроводной сети

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 31.12.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,44; печ. л. 2,63.
Тираж 50. Заказ № 462.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

Методические указания

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2019

УДК 338.462
ББК 65.206
П80

Авторы:

С. В. Денисов, С. А. Васильев, Ю. М. Добрынин, Ю. А. Савельев, Ю. А. Киров, А. Л. Мишанин, А. С. Грецов, С. А. Иванайский, О. М. Парфенов, Е. В. Янзина

П80 Производственные практики : методические указания / С. В. Денисов, С. А. Васильев, Ю. М. Добрынин, Ю. А. Савельев [и др.]. – Кинель : РИО СГСХА, 2019. – 32 с.

В методических указаниях определены цели и задачи производственных практик, рассмотрены организационно-правовые вопросы, даны рекомендации по организации обучающихся во время прохождения производственных практик, представлены программы производственных практик, указаны документы и материалы, с которыми должен ознакомиться обучающийся во время прохождения производственных практик. Даны рекомендации по оформлению отчета о прохождения практики.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы в агробизнесе.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Коллектив авторов, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие указания являются методическим обеспечением производственных практик, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы в агробизнесе.

Практика обучающихся является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется их подготовка к профессиональной деятельности.

Данные методические указания определяют цель и задачи производственных практик, форму организации и специфику каждого вида практики.

Целью производственной практики является закрепление основ теоретического обучения и практических навыков, полученных при выполнении практических заданий и лабораторных работ, предшествующих производственной практике; подготовка обучающегося к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению научных исследований, в том числе в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Сроки проведения производственных практик устанавливаются в соответствии с рабочим учебным планом и календарным графиком учебного процесса на соответствующий учебный год с учетом требований образовательного стандарта.

Местами проведения производственных практик могут являться:

- структурные подразделения Университета;
- предприятия агропромышленного комплекса, имеющих развитую материально-техническую базу по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту машин;
- товарищества;
- акционерные общества;
- крестьянско-фермерские хозяйства;
- учебные и опытные хозяйства;
- подсобные хозяйства предприятий;
- машинно-технологические станции;
- предприятиях технического сервиса.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья выбор мест прохождения производственной практики производится с учетом состояния здоровья и требованиями доступности.

Производственные практики, проводимые на предприятиях (в учреждениях, организациях), организуются на основании договоров между Университетом и предприятиями (учреждениями, организациями).

Вопросами организации практик занимается декан Инженерного факультета совместно с начальником отдела практик и трудоустройства и выпускающая кафедра. Общее методическое руководство практиками осуществляется кафедрой «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства».

Для руководства практикой, проводимой на предприятиях (в учреждениях, организациях), назначаются руководитель практики от Университета из числа лиц, относящихся к профессорско-преподовательскому составу и руководитель (руководители) от предприятия (учреждения, организации).

Для руководства практикой обучающихся в структурных подразделениях Университета назначается руководитель из числа преподователей выпускающей кафедры.

Руководители практики от Университета:

- участвуют в работе по формированию перечня баз практик в текущем учебном году;
- ведут переговоры с представителями предприятий (учреждений, организаций), готовят письма в адрес руководителей предприятий (учреждений, организаций) о приеме обучающихся на практику, соглосовывают условия проведения практики и оформления договорных отношений Университета с предприятиями (учреждениями, организациями);
- до начала практики выезжают на предприятия (в учреждения, организации) для проведения организационно-методических мероприятий по подготовке базы практики к приезду обучающихся;
- устанавливают связь с руководителями практики от предприятия (учреждения, организации) и совместно с ними составляют рабочий график (план) проведения практики;
- разрабатывают тематику индивидуальных заданий и обеспечивают контроль заполнение дневников практикантов;
- обеспечивают проведение всех организационных мероприятий перед выездом на практику (проведение собраний; инструктаж о порядке прохождения практики; инструктаж по охране труда и технике безопасности и т.д.);
- принимают участие в распределении обучающихся по рабочим местам и перемещении их по видам работ;
- несут ответственность совместно с руководителем практики от предприятия (учреждения, организации) за соблюдение обучающими правил техники безопасности;
- осуществляют контроль за обеспечением предприятием (учреждением, организацией) условий труда и быта обучающихся;
- контролируют выполнение практикантами правил внутреннего трудового распорядка предприятия (учреждения, организации);
- осуществляют контроль за соблюдением сроков прохождения практики и ее содержания;
- оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий и сборе материалов к курсовым работам и проектам или выпускной квалификационной работе в ходе преддипломной практики;

- оценивают результаты выполнения обучающимися программы практики: рассматривают отчеты о практике, принимают участие в работе комиссии по приему зачетов и выставляют на основании решения комиссии оценки по практике;

- представляют на кафедру отчет о результатах прохождения практики.

Руководитель практики от предприятия (учреждения, организации):

- осуществляет контроль соблюдения практикантом календарного графика, программы практики, правил внутреннего распорядка и трудовой дисциплины, привлекают его к общественной жизни коллектива и выполнению поручений, соответствующих видам будущей профессиональной деятельности;

- предоставляет рабочие места обучающимся и обеспечивает безопасные условия прохождения практики, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;

- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка;

- согласовывает индивидуальные задания, содержание и планируемые результаты практики;

- предоставляет информацию, необходимую для выполнения индивидуального задания по практике, делает заключение по отчету с оценкой работы обучающегося (оформляются соответствующие разделы дневника практики);

- по результатам производственной и преддипломной практики дает рекомендации по трудоустройству обучающегося в процессе и (или) после завершения, обучающегося в процессе и (или) после завершения обучения в структурных подразделениях предприятия (учреждения, организации).

Выпускающие кафедры:

- участвуют в разработке и заключении договоров с предприятиями (учреждениями, организациями) о прохождении практики;

- готовят проекты приказов о практике;

- разрабатывают и осуществляют согласование программ практик;

- утверждают индивидуальные задания на практику;

- контролируют распределение обучающихся по базам практик;

- обеспечивают и контролируют проведение руководителями практики от Университетп организационных мероприятий перед выездом обучающихся на практику;

- обеспечивают необходимой документацией обучающихся и руководителей практики;

- обеспечивают своевременное представление отчетной документации о практике и организуют прием отчетов по итогам практики;

- предоставляет в деканат Инженерного факультета результаты аттестации обучающихся по итогам практики.

Деканат Инженерного факультета:

- обеспечивает контроль аттестации обучающихся по результатам практик;

- организует рассмотрение вопросов об организации и результатах практик ученым советом факультета.

Обучающиеся при прохождении практик обязаны:

- полностью выполнять индивидуальное задание на практику;

- соблюдать действующие правила внутреннего трудового распорядка предприятия (учреждения, организации);

- систематически отражать результаты своей деятельности в дневнике практиканта;

- своевременно подготовить отчет о результатах практики, оформленный согласно требованиям программы практики, и предоставить его руководителю практики от академии;

- в установленный срок пройти промежуточную аттестацию, форма которой определяется учебным планом и программой практики.

Не менее чем за три дня дот начала производственной практики выпускающая кафедра организует собрание для обучающихся на котором им сообщают:

- предприятие (организация, учреждение) где будет проводиться практика;

- знакомят с целью, задачами и программой практики;

- выдают индивидуальное задание на практику;

- знакомят с руководителем практики от Университета;

- дают разъяснения по организации практики на предприятии (порядок получения пропусков, график работы предприятия, порядок работы с сотрудниками служб, организующих практику на предприятии, и пр.)

Закрепление мест прохождения практики (включая структурные подразделения академии) и руководителей практики и числа профессорско-преподавательского состава Университета осуществляется приказом ректора.

Производственная практика обучающихся начинается с общего ознакомления с предприятием. В этот период обучающиеся знакомятся:

- с руководителем практики от предприятия;
- распорядком работы предприятия;
- с организационной структурой всего предприятия в целом: административной схемой управления предприятием, историей предприятия и перспективным планом его развития;
- с назначением и работой всех основных и вспомогательных подразделений, отделов, организацией складского хозяйства и другими подразделениями;
- с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности на предприятии.

После общего ознакомления с предприятием обучающийся с помощью руководителя от предприятия приступает к детальному изучению основного производства. В процессе изучения работы предприятия обучающийся получает необходимую технологическую и другую документацию через руководителя практики от предприятия.

В этот же период обучающийся выполняет индивидуальные задания.

Обучающийся, знакомясь с производством, по возникшим у него вопросам консультируется с руководителем практики от Университета.

В процессе прохождения производственной практики обучающийся должен вести дневник.

Работа обучающегося во время прохождения производственной практики контролируется руководителем практики от предприятия и Университета. Руководители практики от предприятия по окончании производственной практики дают письменное заключение о деятельности обучающегося в виде отзыва (характеристики).

В отзыве (характеристике) руководитель практики от предприятия характеризует работу обучающегося во время прохождения практики по следующим критериям:

- уровню теоретической подготовки;

- дисциплинированности, ответственности, инициативности;

- выполнению программы производственной практики и соблюдению графика ее выполнения;

- умение грамотно анализировать и систематизировать предоставленные материал;

- содержание отчета и полноте собранного во время производственной практики материала.

Подпись руководителя практики от предприятия на характеристике (отзыве), как правило, заверяется печатью.

2. ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И ОПЫТА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Цель и задачи практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Основной целью практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности является развитие системы компетенций и получение практических навыков по эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования, применению современных технологий технического обслуживания, хранения и ремонта, а также анализ деятельности предприятия (подразделения) направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося

Практика закрепляет знания и умения, приобретаемые обучающимися в результате освоения теоретических курсов, и способствует комплексному формированию профессиональных компетенций.

Задачами производственной практики в соответствии с направлением подготовки и видами профессиональной деятельности являются:

- углубление и закрепление теоретических знаний по дисциплинам «Технологии, машины и оборудование в агроинженерии» «Сельскохозяйственные машины» «Эксплуатационные материалы», «Эксплуатация машинно-тракторного парка» «Современные уборочные машины», «Тракторы и автомобили» «Технология

и механизация животноводства» «Зврубежная сельскохозяйственная техника», путем непосредственного участия в работе сельскохозяйственного предприятия;

- приобретение необходимых навыков и углубление знаний в области планирования, оперативного руководства, учета и анализа эффективности использования техники в современном сельскохозяйственном производстве;

- методы расчета состава МТП и анализ показателей его использования;

- изучение технологических процессов технического обслуживания, диагностирования и ремонта тракторного и автомобильного парков, машин и оборудования, а также изучение опыта организации инженерно-технической службы на предприятии АПК;

- получение практических навыков по применению современных технологий технического обслуживания и диагностики для обеспечения постоянной работоспособности машин и оборудования;

- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения) технического сервиса, организацией работ, охраной труда, вопросами экологической безопасности;

- изучение передовой научно-технической и производственной информации по современным технологиям технического обслуживания и ремонта машин, механизмов и технологического оборудования в агропромышленном комплексе.

Прохождение практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности направленно на формирование следующих компетенций:

- Способен планировать механизированные сельскохозяйственные работы;

- Способен организовать работу по повышению эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования;

- Способен обеспечивать эффективное использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства сельскохозяйственной продукции

- Способен осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования

В результате прохождения практики обучающийся должен:

Знать:

- Технические характеристики, конструктивные особенностей, назначение, режимы работы сельскохозяйственной техники;
- Основы организации производства сельскохозяйственной продукции;
- Количественный и качественный состав сельскохозяйственной техники, ведет ее учет, перемещения, объема выполняемых подчиненными работ, потребления материальных ресурсов, затрат на ремонт, техническое обслуживание сельскохозяйственной техники и оформление соответствующих документов.

Уметь:

- Определять источники, осуществлять поиск и анализ информации, необходимые для составления и корректировки перспективных и текущих планов подразделения и организации при эксплуатации машин и оборудования;
- Производить расчеты и определяет потребности организации в сельскохозяйственной технике на перспективу;
- Проводить анализ эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, разрабатывать способы повышения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники с учетом предложений персонала, осуществлять анализ рисков от их реализации;
- Вносить коррективы в планы работы подразделения для внедрения предложений по повышению эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, согласованных с руководством организации;
- Производить выдачу производственных заданий персоналу по выполнению работ, связанных с повышением эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, и контроль их выполнения.

Владеть навыками:

- Анализа причин и продолжительность простоев сельскохозяйственной техники, связанных с ее техническим состоянием;
- Проверки работоспособности, настройки и регулировки инструмента, оборудования, сельскохозяйственной техники;
- Подбора режимов работы, выбор и обоснование способа движения сельскохозяйственной техники, контроль параметров технологических процессов, при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

2.2. Программа практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности

Общая трудоемкость практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности составляет 9 зачетных единиц, 324 часа.

Способ проведения производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности: стационарная; выездная.

Прохождение практики включает в себя следующие ***этапы***:

- *Организационный*. Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от университета.

- *Подготовительно-ознакомительный*. Оформление на работу, вводный инструктаж по охране труда. Ознакомление с предприятием. Инструктаж на рабочем месте.

- *Производственная работа*. Работа в качестве помощника главного инженера, инженера, заведующего машинно-тракторной мастерской, заведующего гаражом, бригадира тракторной бригады, управляющего отделением, мастера-наладчика, инженера по эксплуатации машин и технологического оборудования, начальника комплексного отряда, инженера по эксплуатации МТП, сервисного инженера, руководителя сервисной службы. В случае отсутствия вакансий студент может работать стажером на всех вышеперечисленных должностях.

- *Заключительный*. Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта, дневника практики и индивидуального задания.

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

Основными литературными источниками по данному виду производственной практики являются [1-9, 11-13, 15]

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

3.1. Цель и задачи технологической практики

Целью практики является развитие системы компетенций и получение практических навыков по применению современных технологий и средств производства сельскохозяйственной продукции, а также анализ деятельности предприятия направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Задачами практики являются:

- углубление и закрепление теоретических знаний по дисциплинам «Технологии, машины и оборудование в агроинженерии» «Сельскохозяйственные машины» «Эксплуатационные материалы», «Эксплуатация машинно-тракторного парка» «Современные уборочные машины», «Тракторы и автомобили» «Технология и механизация животноводства» «Зврубежная сельскохозяйственная техника», путем непосредственного участия в работе сельскохозяйственного предприятия;
- получение практических навыков по применению современных технологий производства продукции растениеводства и животноводства;
- получение практических навыков по осуществлению производственного контроля параметров технологических процессов производства продукции растениеводства и животноводства;
- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения), организацией работ, охраной труда, вопросами экологической безопасности;
- изучение технологического оснащения предприятия, нормативно-технической и технологической документации на процессы производства продукции растениеводства и животноводства;
- изучение технологических процессов и операций, методов контроля качества продукции, реализуемых на предприятии;
- изучение передовой научно-технической и производственной информации по современным технологиям производства продукции растениеводства и животноводства.

В результате прохождения производственной практики обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения и профессиональные компетенции:

- Способен планировать механизированные сельскохозяйственные работы;
- Способен организовать работу по повышению эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования;

- Способен обеспечивать эффективное использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства сельскохозяйственной продукции

- Способен осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

В результате выполнения программы производственной практики обучающийся должен:

Знать:

- Технологии производства сельскохозяйственной продукции;

- Технические характеристики, конструктивные особенностей, назначение, режимы работы сельскохозяйственной техники;

- Количественный и качественный состав сельскохозяйственной техники, ведет ее учет, перемещения, объема выполняемых подчиненными работ.

Уметь:

- Определять источники, осуществлять поиск и анализ информации, необходимые для составления и корректировки перспективных и текущих планов подразделения и организации для производства продукции растениеводства и животноводства;

- Производить расчеты и определяет потребности организации в сельскохозяйственной технике на перспективу;

- Проводить анализ эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, разрабатывать способы повышения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники с учетом предложений персонала, осуществлять анализ рисков от их реализации;

- Вносить коррективы в планы работы подразделения для внедрения предложений по повышению эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, согласованных с руководством организации;

- Производить выдачу производственных заданий персоналу по выполнению работ, связанных с повышением эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, и контроль их выполнения.

Владеть навыками:

- Анализа причин и продолжительность простоев сельскохозяйственной техники, связанных с ее техническим состоянием;

- Проверки работоспособности, настройки и регулировки инструмента, оборудования, сельскохозяйственной техники;

- Подбора режимов работы, выбор и обоснование способа движения сельскохозяйственной техники, контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

3.2. Программа технологической практики

Общая трудоемкость технологической практики составляет 6 зачетных единиц, 216 часов (табл. 2).

Способ проведения производственной технологической практики: стационарная; выездная.

Прохождение практики включает в себя следующие ***этапы***:

- *Организационный.* Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от образовательной организации.

- *Подготовительно-ознакомительный.* Оформление на работу, вводный инструктаж по охране труда. Ознакомление с предприятием. Инструктаж на рабочем месте.

- *Производственная работа.* Работа в качестве механизатора, водителя, оператора с.-х. машины. Регулировка, настройка узлов и агрегатов тракторов и автомобилей. Выполнение работ по техническому обслуживанию, или ремонту тракторов и с.-х. машин. Регулировка и настройка с.-х. машин. Составление технологической карты возделывания с.-х. культуры. Компановка машинно-тракторного Выполнение работ по постановке техники на хранение и расконсервации с хранения агрегата.

- *Заключительный.* Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта, дневника практики и индивидуального задания

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

При прохождении технологической практики обучающийся должен особое внимание уделять изучению и оценке существующих на предприятии (организации, учреждении) технологий выполнения механизированных работ в растениеводстве и животноводстве.

Основными литературными источниками по данному виду производственной практики являются [3-9, 13-15]

4. НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА

4.1. Цель и задачи научно-исследовательской работа (НИР)

Целью практики является формирование компетенций, необходимых для проведения самостоятельной научно-исследовательской работы как самостоятельно, так и в составе научного коллектива, основным результатом которой является написание и успешная защита выпускной квалификационной работы.

Основной задачей научно-исследовательская работа является приобретение опыта в исследовании актуальной научной проблемы, а также подбор необходимых материалов для выполнения выпускной квалификационной работы.

В эту задачу входят:

- изучение специальной и периодической литературы, нормативно-технической и методической документации, патентных и других источников информации по вопросам, связанных с тематикой выпускной квалификационной работы;
- подтверждение актуальности и практической значимости избранной обучающимся темы исследования;
- критическая оценка исследуемых вопросов;
- сбор, систематизация и обобщение практического материала для использования в выпускной квалификационной работы;
- освоить методы исследования и проведения экспериментальных работ, правил эксплуатации исследовательского оборудования, методов анализа и обработки данных.

В результате прохождения производственной практики Научно-исследовательской работы обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения, и компетенции:

- Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач;
- Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений;
- Способен решать типовые задачи профессиональной деятельности на основе знаний основных законов математических и естественных наук с применением информационно-коммуникационных технологий;

- Способен реализовывать современные технологии и обосновывать их применение в профессиональной деятельности;

- Способен участвовать в проведении экспериментальных исследований в профессиональной деятельности.

В результате выполнения программы научно-исследовательской работы обучающийся должен:

Знать:

- Основные законы математических, естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, необходимых для решения типовых задач в области агроинженерии.

Уметь:

- Находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения поставленной задачи;

- Грамотно, логично, аргументировано формировать собственные суждения и оценки. Отличать факты от мнений, интерпретаций, оценок и т.д. в рассуждениях других участников деятельности;

- Определять и оценивать последствия возможных решений задачи;

- Формулировать в рамках поставленной цели проекта совокупность взаимосвязанных задач, обеспечивающих ее достижение. Определять ожидаемые результаты решения выделенных задач;

- Проектировать решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ ее решения, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений;

- Применить информационно-коммуникационные технологии в решении типовых задач в области агроинженерии;

- Использовать материалы научных исследований по совершенствованию технологий и средств механизации сельскохозяйственного производства;

- Обосновывать применение современных технологий сельскохозяйственного производства, средств механизации для производства, хранения и переработки продукции животноводства и растениеводства;

- Под руководством специалиста более высокой квалификации участвовать в проведении экспериментальных исследований в области агроинженерии.

Владеть навыками:

- Решения конкретных задач проекта заявленного качества и за установленное время;

- Публично представлять результаты решения конкретной задачи проекта;

- Использования специальных программ и баз данных при разработке технологий и средств механизации в сельском хозяйстве;

- Использования классических и современных методов исследования в агроинженерии.

4.2. Программа научно исследовательской работы

Общая трудоемкость научно исследовательской работы составляет 3 зачетных единицы, 108 часов. (табл. 3).

Способ проведения производственной практики научно исследовательской работы: стационарная; выездная.

Прохождение практики включает в себя следующие ***этапы***:

- *Организационный этап.* Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от образовательной организации.

- *Подготовительно-ознакомительный.* Оформление на практику. Ознакомление с предприятием.

- *Исследовательский.* Анализ литературы, патентов, нормативно-технической документации по тематике выпускной квалификационной работы, подтверждение актуальности выбранной темы, сбор материалов для отчета и выполнения выпускной квалификационной работы.

- *Выполнение индивидуального задания.* Изучение патентного фонда по проблеме исследований. Работа с интернет- ресурсами по проблеме исследований.

- *Заключительный.* Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта, дневника практики и индивидуального задания (18 часов)

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

Основными литературными источниками по данному виду производственной практики являются [5-15].

5. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА

5.1. Цель и задачи преддипломной практики

Целью практики является сбор, анализ, обработка и описание необходимого материала по теме выпускной квалификационной работы бакалавра.

Преддипломная практика направлена на закрепление теоретических знаний, приобретение практических умений и навыков на основе выполнения обучающимися сбора, анализа, обработки и описание необходимой информации в области их будущей профессиональной деятельности и формирование компетенций при самостоятельной работе с нормативной, технической и технологической документацией. Практика закрепляет знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения теоретических курсов, и способствует комплексному формированию компетенций, а также профессионально важных качеств: техническое мышление, креативность, самостоятельность, организованность, внимательность.

Задачами практики являются:

- изучение объектов выпускной квалификационной работы;
- сбор и анализ сведений необходимых для выполнения выпускной квалификационной работы;
- разработка предложений необходимых для формирования цели и постановки задач выпускной квалификационной работы.

Прохождение преддипломной практики является базой для выполнения выпускной квалификационной работы.

В результате прохождения производственной практики обучающийся должен приобрести и развить следующие практические навыки, умения и компетенции:

- Способен участвовать в разработке новых машинных технологий и технических средств;
- Способен планировать механизированные сельскохозяйственные работы;
- Способен организовать работу по повышению эффективности сельскохозяйственной техники и оборудования;
- Способен обеспечивать эффективное использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства сельскохозяйственной продукции
- Способен осуществлять производственный контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

В результате выполнения программы производственной практики обучающийся должен:

Знать:

- Методы расчета и анализа режимов работы сельскохозяйственной техники и оборудования;
- Факторы (конструкционных и эксплуатационных), от которых зависят показатели этих свойств, влияющие на производительность и работоспособность сельскохозяйственной техники и оборудования;
- Технологии производства сельскохозяйственной продукции;
- Технические характеристики, конструктивные особенностей, назначение, режимы работы сельскохозяйственной техники;
- Количественный и качественный состав сельскохозяйственной техники, ведет ее учет, перемещения, объема выполняемых подчиненными работ.

Уметь:

- Определять источники, осуществлять поиск и анализ информации, необходимые для составления и корректировки перспективных и текущих планов подразделения и организации для производства продукции растениеводства и животноводства;
- Производить расчеты и определяет потребности организации в сельскохозяйственной технике на перспективу;
- Проводить анализ эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, разрабатывать способы повышения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники с учетом предложений персонала, осуществлять анализ рисков от их реализации;
- Вносить коррективы в планы работы подразделения для внедрения предложений по повышению эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, согласованных с руководством организации;
- Производить выдачу производственных заданий персоналу по выполнению работ, связанных с повышением эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники, и контроль их выполнения.

Владеть навыками:

- Анализа причин и продолжительность простоев сельскохозяйственной техники, связанных с ее техническим состоянием;
- Проверки работоспособности, настройки и регулировки инструмента, оборудования, сельскохозяйственной техники;

- Подбора режимов работы, выбор и обоснование способа движения сельскохозяйственной техники, контроль параметров технологических процессов, качества продукции и выполненных работ при эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования.

Обучающийся должен быть готовым к проведению исследований в области совершенствования технологий по производству продукции растениеводства и животноводства.

5.2. Программа преддипломной практики

Общая трудоемкость преддипломной практики составляет 6 зачетных единиц, 324 ч. (табл. 4).

Способ проведения производственной практики: стационарная; выездная.

- *Организационный*. Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от академии.

- *Подготовительно-ознакомительный*. Оформление на работу, вводный инструктаж по охране труда. Ознакомление с предприятием. Инструктаж на рабочем месте.

- *Производственная работа*. Сбор, систематизация и обработка фактического материала (работа с главными специалистами предприятия, изучение показателей работы в бухгалтерии и т.д.).

- *Заключительный*. Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта, дневника практики и индивидуального задания.

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

При выездной практике на предприятия в зависимости от задания практики необходимо собрать материал, в который включается:

- характеристика предприятия, штатное расписание, кадровый состав;

- принятая на предприятии система и организация технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка;

- принятая на предприятии технология производства продукции растениеводства и, (или) животноводства;

- технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия;

- и другую информацию, необходимую для написания ВКР.

При прохождении преддипломной практики на кафедрах инженерного факультета основными вопросами, подлежащими разработке, как правило, являются:

- анализ литературных источников по проблеме исследования;
- анализ информации для решения установленной проблемы в конструкции машины или технологии производства продукции растениеводства или животноводства;
- разработка конструктивного или технологического решения.

Основная и дополнительная литература определяется руководителем практики исходя из тематики выпускной квалификационной работы.

6. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРАКТИКАМ

6.1. Содержание отчета о практике

Отчет о производственной практике должен содержать обязательные разделы:

- титульный лист (прил. 1);
- задание на практику (прил. 2);
- план-график прохождения практики (прил. 3);
- содержание;
- отчет (основные разделы):
- производственная работа включает перечень основных видов работ, выполненных обучающимся в период прохождения производственной практики;
- индивидуальное задание, выполняется индивидуально каждым обучающимся, вне зависимости от того, проводился им данный вид работ, или нет;
- заключение о производственной практике включает в себя аналитическое резюме (анализ и обобщенные результаты изучения деятельности организации, рекомендации по повышению эффективности использования автомобильной техники, оборудования в условиях данного предприятия) в соответствии с разделами программы практики;
- производственная характеристика (отзыв) включает характеристику обучающегося, проходящего практику, руководителем практики от предприятия. Руководитель практики от предприятия оценивает деятельность обучающегося в период прохождения практики и дает рекомендацию, по оценке производственной практики;
- дневник практики (прил. 4).

Наряду с обязательными разделами отчет может содержать дополнительные сведения:

- техника безопасности при прохождении производственной практики содержит общие положения, правила техники безопасности для водителей, правила оказания первой помощи пострадавшим при несчастном случае;

- содержание инструктажа по технике безопасности при поступлении на работу содержит перечень правил техники безопасности, приводимых при первичном инструктаже.

В течение прохождения производственных практик обучающийся обязан вести дневник практики, который является частью отчета о практике и используется при его написании. Записи в дневнике должны быть ежедневными.

В дневнике необходимо отразить кратко виды работ, выполненные обучающимся на практике, а также встретившиеся в работе затруднения, их характер, какие меры были приняты для их устранения, отменить недостатки в теоретической подготовке.

Дневники периодически проверяются руководителем практики.

В конце практики дневник должен быть подписан обучающимся и руководителем практики от Университета.

6.2. Требования к оформлению отчета о практике

Текстовая часть отчета выполняется по разработанной на кафедре форме от руки либо на компьютере на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30, правое – 10, верхнее – 15, нижнее – 20 мм. При выполнении текстовой части на компьютере страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Тип шрифта: Times New Roman. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал: полуторный. Шрифт текста в таблицах: обычный, размер 12 пт.

6.3. Аттестация по итогам практики

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по производственной практике является дифференцированный зачет. По окончании практики обучающийся не позднее двух недель с начала учебного семестра, следующего за практикой, сдает отчет на проверку руководителю практики от Университета. В последующие две недели защищает отчет перед комиссией. Сроки проведения защиты отчетов

и состав комиссии назначается заведующим кафедрой. В состав комиссии входят заведующий кафедрой, руководитель практики от университета, ведущий преподаватель кафедры и, по возможности, руководитель практики от предприятия, учреждения или организации.

При оценке итогов работы практиканта принимается во внимание характеристика, данная ему руководителем практики от предприятия, учреждения или организации.

Критерии и шкала оценивания прохождения обучающимися производственной практики:

Зачет с оценкой *«отлично»* предполагает, что обучающийся выполнил в срок и на высоком уровне весь намеченный объем работы в соответствии с индивидуальным заданием на практику; продемонстрировал в ходе практики высокий уровень обладания всеми, предусмотренными требованиями к результатам практики, навыками, сформированность компетенций; оформил отчет в соответствии с требованиями и в установленный срок; проявил самостоятельность, творческий подход и высокий уровень подготовки по вопросам профессиональной деятельности, организации работы коллектива, самоорганизации в ходе защиты отчета; в ходе защиты отчета продемонстрировал умение излагать материал в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Зачет с оценкой *«хорошо»* предполагает, что обучающийся полностью выполнил задание по практике, однако допустил незначительные недочеты при расчетах и написании отчета, в основном технического характера; письменный отчет о прохождении практики подготовил в установленный срок в соответствии с требованиями, но с незначительными недочетами, дневник практики составлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, но с незначительными недочетами, содержит ежедневные сведения о действиях, выполняемых практикантом. Оценка «хорошо» предполагает при устном отчете обучающегося о результатах прохождения практики ответы на вопросы преподавателя с незначительными недочетами, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций, а также умение излагать материал в основном в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Зачет с оценкой *«удовлетворительно»* предполагает, что обучающийся затруднялся с решением поставленных перед ним задач и допустил существенные недочеты в расчетах и в составлении отчета; отчет составлен с недочетами, дневник практики составлен в основном в соответствии с предъявляемыми требованиями, но с недочетами,

содержит ежедневные сведения о действиях, выполняемых обучающимся. Оценка «удовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающийся продемонстрировал использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы, но испытывал затруднения, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций на необходимом уровне.

Зачет с оценкой *«неудовлетворительно»* предполагает, что обучающийся не выполнил задание практики, не смог в ходе практики продемонстрировать сформированность компетенций, предусмотренных требованиями к результатам практики; письменный отчет не соответствует установленным требованиям, дневник практики составлен не в соответствии с предъявляемыми требованиями, не содержит ежедневных сведений о действиях, выполняемых практикантом. Оценка «неудовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающимся не были даны ответы на вопросы комиссии, не продемонстрировано умение излагать материал в логической последовательности, аргументировано, грамотным языком.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, И.В. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. / И.В. Попов, А.А. Петров, А.Н. Кондрашов. – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2012 – 288 с. – Режим доступа: http://rucont.ru/efd/278231

2. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

3. Хабардин, В. Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие / В. Н. Хабардин. – Иркутск : ИрГСХА, 2011. – 265 с. – Режим доступа: http://ebs.rgazu.ru/?q=node/2657

4. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов / В.И. Сарбаев, С.С. Селиванов [и др.]. – 2-е. Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 380 с.: ил.

5. Есипов, В. И. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

6. Есипов, В. И. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч.2 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.В. Машков [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013 – 275 с.

7. Болотов, А.К. Конструкция тракторов и автомобилей / А.К. Болотов, А.А. Лопарев, В.И. Судницин. – М. : Колосс, 2006. – 352 с.

8. Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве : учебное пособие / В.С. Курасов, Е.И. Трубилин, А.И. Тлишев. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2011. – 132 с

9. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства : учебное пособие. – М. : ФГНУ Росинформагротех, 1995. – 576 с.

10. Ли, Р.И. Основы научных исследований : учебное пособие / Р.И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2013. – 195 с. – Режим доступа: http://rucont.ru/efd/233244

11. Пучин, Е.А. Практикум по ремонту машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский [и др.] ; Под ред. Е.А. Пучина. – М. : КолосС, 2009. – 327 с.

12. Варнаков, В.В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения / В.В. Варнаков, В.В. Стрельцов, В.Н. Попов, В.Ф. Карпенков. – М. : КолосС, 2000. – 256 с.

13. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М. : Колос, 2006. – 624 с.

14. Мурусидзе, Д. Н. Технология производства продукции животноводства Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов. – М. : КолосС, 2005. – 432 с.

15. Лабораторный практикум по механизации животноводства : учебное пособие / В.В. Новиков, Н.В. Фролов, С.В. Денисов [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 245 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа отчета о прохождении практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Инженерный факультет

Кафедра «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»

ОТЧЕТ
о прохождении производственной практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности в условиях _____

Выполнил:
Студент 3 курса
Группы 1
направление подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»

личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)

К защите допущен: _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

_____ / _____ /
_____ / _____ /
Оценка _____ _____ / _____ /
(цифрой и прописью) подписи членов комиссии (расшифровка подписи)

Самара 201_

Приложение 2

Образец задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет Инженерный
Кафедра Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства
Специальность (направление) 35.03.06 «Агроинженерия»

ЗАДАНИЕ

на _____
вид практики

Студенту(ке) _____
(фамилия, имя, отчество полностью, № группы)

Наименование базовой организации
Срок прохождения практики с _____ по _____
Содержание задания на практику (перечень
подлежащих рассмотрению вопросов): _____
_____
_____
_____
_____
_____
Индивидуальное задание _____
_____
_____
_____
Дата выдачи задания «____» _____ 20 ____ г.

Руководитель практики _____ / _____ /
(роспись) (И.О. Фамилия)

Ознакомлен _____ / _____ /
(роспись) (И.О. Фамилия)

«____» _____ 20 ____ г.

Приложение 3

Образец план графика прохождения практики

План (график)
прохождения производственной технологической практики

№ п/п	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Организационный этап:	
2	Подготовительно ознакомительный этап:	
3	Производственная работа:	
4	Выполнение индивидуальных заданий:	
5	Заключительный этап:	

Обучающийся _____ (подпись) / _____ (расшифровка подписи) /

Руководитель практики от университета _____ (подпись) / _____ (расшифровка подписи) /

Руководитель практики от предприятия _____ (подпись) / _____ (расшифровка подписи) /

Приложение 4

Образец дневника

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Инженерный факультет

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ДНЕВНИК

прохождения производственной технологической практики
в условиях _____

Студент 3 курса
Группы 2
направление подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»

личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)

период прохождения практики с _____ по _____

Дата	Содержание	Роспись руководителя практики

Обучающийся _____ / _____ /
(подпись) (расшифровка подписи)

Руководитель практики от университета _____ / _____ /
(подпись) (расшифровка подписи)

Руководитель практики от предприятия _____ / _____ /
(подпись) (расшифровка подписи)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. Организационные основы производственных практик 4

2. Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности 10

2.1. Цель и задачи практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности 10

2.2. Программа практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности 12

3. Технологическая практика 13

3.1. Цель и задачи технологической практики 13

3.2. Программа технологической практики 15

4. Научно-исследовательская работа 16

4.1. Цель и задачи научно-исследовательской работы 16

4.2. Программа научно-исследовательской работы 18

5. Преддипломная практика 19

5.1. Цель и задачи преддипломной практики 19

5.2. Программа преддипломной практики 21

6. Отчетность по производственным практикам 22

6.1. Содержание отчета о практике 22

6.2. Требования к оформлению отчета о практике 23

6.3. Аттестация по итогам практики 23

Рекомендуемая литература 26

Приложения 27

Учебное издание

Денисов Сергей Владимирович
Васильев Сергей Александрович
Добрынин Юрий Михайлович
Савельев Юрий Александрович
Киров Юрий Александрович
Мишанин Александр Леонидович
Грецов Алексей Сергеевич
Иванайский Сергей Александрович
Парфенов Олег Михайлович
Янзина Елена Владимировна

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 20.11.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 2,0; печ. л. 1,86.
Тираж 50. Заказ № 395.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Методические рекомендации
для выполнения курсовой работы

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 631.372
ББК 40.72р
Э41

Э41 Эксплуатация машинно-тракторного парка : методические указания / сост. С. А. Кузнецов, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, В. М. Янзин. – Кинель : РИО СамГАУ, 2019. – 66 с.

В методических указаниях приведены основные требования и рекомендации при выполнении курсовой работы: разработки рационального состава МТП, планирование технических обслуживаний, а также анализ использования МТП. Приведены методы рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Кузнецов С.А., Сазонов Д.С.,
Ерзамаев М.П., Янзин В.М.,
составление, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Анализ тенденций развития сельского хозяйства, изучение инноваций, оценка направлений формирования технологических платформ и укладов, прежде всего в технико-технологическом обеспечении приоритетных подотраслей сельского хозяйства, позволяют констатировать, что разработка новых технологий и техники нацелена на дальнейшее повышение эффективности сельскохозяйственного производства и его конкурентоспособности.

Внедрение современных технологий на основе высокопроизводительной техники и ее рациональное использование позволят решить стоящие перед сельским хозяйством задачи по увеличению производства сельхозпродукции.

Цель методических указаний – облегчить работу студентов по расчёту состава машинно-тракторного парка, так как особые затруднения у студентов вызывают поиск и использование расчётных формул, таблиц, справочных данных, которые располагаются в различных разделах учебников, справочной литературы. К методическим указаниям прилагаются необходимые таблицы, используемые в ходе расчётов.

В результате выполнения курсовой работы студент должен

Знать:

- методы обоснования оптимального состава МТП, определения и анализа показателей его использования;
- методы планирования и организации ТО и диагностирования машин.

Уметь:

- составлять календарный план механизированных работ и использования МТП;
- составлять графики проведения ТО;
- определять потребность в ТСМ при выполнении полевых работ;
- проводить анализ показателей использования МТП;

Владеть навыками:

- разработки операционных технологий;
- расчёта состава машинно-тракторного парка;
- планирования технической эксплуатации машинно-тракторного парка.

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тематика курсовой работы

Тема курсовой работы выбирается студентом с учётом прохождения производственной практики и согласовывается с преподавателем, осуществляющим руководство проектированием.

Возможны следующие темы курсовой работы:

1) Проектирование рационального состава МТП и его технической эксплуатации в условиях с.-х. предприятия для хозяйства площадью ____ га.

2) Проектирование рационального состава МТП для хозяйства площадью ____ га и анализ его использования.

Цель и задачи курсовой работы

Целью курсовой работы является освоение методов расчета и принятия самостоятельных решений при:

- проектировании механизированных технологических процессов в растениеводстве;
- определении рационального состава машинно-тракторного парка;
- освоение методов рационального использования имеющегося парка машин в напряженные периоды работ;
- разработке планов технического обслуживания и ремонтов тракторов и с.-х. машин.

Задачи курсовой работы:

- обоснование марочного состава машинно-тракторного парка машин и разработка плана механизированных работ;
- определение качественного и количественного состава машинно-тракторного парка и сельскохозяйственных машин;
- разработка плана технического обслуживания тракторного парка;
- выполнение индивидуального задания;
- определение технико-экономических показателей проекта.

Задание на курсовую работу

Каждый студент получает индивидуальное задание на выполнение курсовой работы на кафедре «Технический сервис», образец которого представлен в приложении 1.

Оформление пояснительной записки

Курсовая работа включает в себя пояснительную записку объёмом 30…40 страниц текста и графическую часть, выполняемую на 2 листах формата А1. Графическая часть может быть выполнена с использованием графических редакторов (Компас, Автокад), при этом допускается распечатка на формате А4.

Расчетно-пояснительная записка содержит следующие разделы:

- Реферат
- Оглавление.
- Введение
- Разработка плана механизированных работ.
- Расчет состава машинно-тракторного парка.
- Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП.
- Технико-экономические показатели работы.
- Выводы и предложения.
- Список использованной литературы и источников.

Титульный лист оформляют по образцу, приведенному в приложении 2.

Задание содержит исходные данные для выполнения курсовой работы.

Реферат – краткое точное изложение содержания курсовой работы, включающее основные фактические сведения и выводы. Рекомендуемый объем текста реферата 1 печатная страница.

Оглавление размещают после реферата. В нем перечисляют номера и названия всех глав, параграфов и указывают номера страниц, с которых они начинаются.

Введение в объеме 1-2 страниц должно освещать состояние и перспективы развития машинно-тракторного парка и формы организации его использования, цель и задачи курсовой работы.

Основная часть должна содержать 4 раздела: 1 – Разработка плана механизированных работ. 2 – Расчет состава машинно-тракторного парка. 3 – Разработка годового плана технических обслуживаний и ремонтов МТП. 4 – Технико-экономические показатели работы.

При оформлении разделов необходимо записывать промежуточные вычисления. После формулы записывается расшифровка всех её буквенных обозначений, после чего в формулу подставляются численные значения.

Выводы и предложения. В разделе должны содержаться выводы по результатам расчётов в курсовом проекте и приведены основные технико-экономические показатели.

Список использованной литературы и источников. В тексте пояснительной записки необходимо указывать ссылки на использованные литературные источники, методические и нормативные материалы. При ссылке на литературные источники указывается порядковый номер источника по списку. Номера источников в тексте указываются в квадратных скобках. Все источники в списке должны быть составлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила сокращения».

Текст пояснительной записки может быть выполнен рукописным способом или с применением печатающих и графических устройств через полтора интервала. Размер шрифта – 14, Times New Roman, абзацный отступ 1,27 см. Должны соблюдаться следующие размеры полей: левое – 3 см, правое – 1 см, верхнее – 1,5 см, нижнее – 2 см.

Каждый раздел должен начинаться с нового листа.

Страницы проекта нумеруют арабскими цифрами. На титульном листе номер не ставится, но включается в общую нумерацию. На страницах номер проставляют в центре нижней части листа без точки.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы должны быть помещены в тексте после абзацев, содержащих ссылку на них. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице. Нумерация таблиц сквозная или в пределах раздела.

Формулы в работе нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. Номер формулы состоит из номера раздела и порядкового номера формулы в разделе, разделенных точкой. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В работах обязательно применение единиц Международной системы единиц (СИ), а также кратных и дольных от них. Все слова должны быть написаны полностью. Сокращения могут допускаться только общепринятые.

Оформление графической части курсовой работы

Графическая часть выполняется на двух листах формата А1 (594×841 мм) по согласованию с руководителем:

первый лист – графики загрузки тракторов;

второй лист – графики (план-графики) проведения ТО и ремонтов;

При использовании графических редакторов (Компас, Автокад) графическая часть выполняется в формате А1, при этом допускается распечатка на формате А4.

При распечатке в формате А2 или А3 на листах А4, листы должны быть склеены в требуемый формат.

При выполнении чертежей в карандаше должен использоваться формат А1 (594×841 мм).

Обозначения чертежей должны включать в себя:

- код работы (для курсовой работы – КР)
- код кафедры «Технический сервис» – 12;
- номер группы (приказа) и номер по списку.

Шифр документа:

- для графиков загрузки тракторов (графиков машиноиспльзования): диаграмма – ДИ1, табличная форма графиков загрузки тракторов – ТБ1;

- для графиков проведения ТО и ремонтов – ДИ2; табличная форма проведения ТО и ремонтов – ТБ2;

Образец записи: **КР.12.01–14.ДИ1** расшифровывается следующим образом: КР – курсовая работа, 12 – код кафедры, 01 – группа №1, 14 – номер по списку, ДИ1 – график загрузки тракторов (график машиноиспльзования).

2. РАЗРАБОТКА ПЛАНА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ

Цель выполнения раздела – изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка, а так же изучить методы проектирования механизированных производственных процессов.

Выбор типов и марок тракторов

Одним из направлений ресурсосбережения в сельскохозяйственном производстве является использование высокопроизводительных агрегатов, обеспечивающих минимальные прямые эксплуатационные затраты. Это требование достигается в первую очередь выбором соответствующей марки трактора. Поэтому для определения рационального состава тракторного парка необходимо выбрать марки тракторов из числа предложенных в задании.

Одним из оптимизационных методов является выбор марочного состава тракторов по минимальным прямым эксплуатационным затратам.

Прямые эксплуатационные затраты по каждой операции определяются по формуле:

$$Э_з = 7 \cdot H_{СМ} \cdot K \cdot Д, \text{ руб.}, \quad (1.1)$$

где $H_{СМ}$ – количество нормосмен;

K – коэффициент перевода тракторов в условные эталонные (приложение 3);

$Д$ – прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га (табл. 1).

Количество нормосмен определяется делением суммарного объёма работ по данной операции на сменную норму выработки (суммарный объём работ определяется на основании заданного севооборота и соответствующей технологии возделывания каждой культуры):

$$H_{СМ} = \frac{W_{ОБ}}{W_{СМ}}, \quad (1.2)$$

где $W_{ОБ}$ – объём работ по данной операции, га;

$W_{СМ}$ – сменная норма выработки (приложение 4).

Таблица 1

Прямые эксплуатационные затраты при использовании тракторов (для учебных целей)

Марка трактора	Прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га	Марка трактора	Прямые эксплуатационные затраты, руб./усл. эт. га
1	2	1	2
К-744Р	286	ДТ-75М	158
К-744Р2	296	ЛТЗ-155	167
К-701	238	МТЗ-3022ДВ	218
К-700А	224	МТЗ-1523	182
ХТЗ-21042	221	МТЗ-1221	169
К5280 АТМ	232	МТЗ-1025	146
ХТЗ-150-03	216	МТЗ-592	124
ХТЗ-17421	216	МТЗ-826	137
ХТЗ-150	215	МТЗ-2522	218
ХТЗ-150К	219	МТЗ-80	115
Т-4А.01	203	МТЗ-82	118
Т-402.01	210	МТЗ-2022	205
Т-406	207	ЮМЗ-6АКЛ	116
Т-408	210	Агромаш-90ТГ	166
ВТ-200Д	216	ЛТЗ-60АВ	105
ВТ-150	205	ХТЗ-16131	212
		ЮМЗ-62АКЛ	115

Примечание. Прямые эксплуатационные затраты при использовании тракторов могут корректироваться с учётом инфляции при выдаче задания.

Для расчётов прямых эксплуатационных затрат составляется таблица 2. В этой таблице производится расчет по каждой из заданных марок тракторов. Сравнение работы тракторов производится при выполнении ими одинаковых операций. Так, например, для тракторов общего назначения это вспашка, культивация, посев яровых зерновых культур.

Для универсально-пропашных тракторов специфическими операциями являются: междурядная обработка, посев или посадка пропашных культур, уборка кукурузы или подсолнечника на силос. Также возможно выполнять расчеты для этих типов тракторов и по другим энергоёмким операциям.

Таблица 2

Выбор типов и марок тракторов

№ операции	Наименование сельскохозяйственных операций	Объем работ, га	Трактор ____		Трактор ____		и т.д.
			сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	сменная норма выработки	кол-во нормо-смен	
1	2	3	4	5	6	7	8
ИТОГО:		—	—		—		
Прямые эксплуатационные затраты, руб.							

Таблица 2 заполняется в следующем порядке:

В графе 2 указывается наименование приведенных выше операций, в графе 3 – объем работ (например, 1000 га). В графах 4 и 6 и т. д. указываются сменные нормы выработки (за 7 часов).

В графах 5, 7 и т. д. проставляется количество нормо-смен, необходимое для выполнения заданного объема работ. Это определяется путем деления объема работ (графа 3) на сменную норму выработки (графа 4). После заполнения всех граф таблицы суммируется количество нормо-смен и подводится по ним итог. Выбор типов и марок тракторов, из числа предложенных заданием, производится по минимальным значениям прямых эксплуатационных затрат, которые определяются по формуле (1.1).

На основании полученных данных делается обоснованный выбор тракторов, при этом следует исключить многомарочность, учесть технологические особенности возделываемых культур, агротехнологические возможности тракторов, условия сельскохозяйственного региона.

Разработка плана механизированных работ

План механизированных работ разрабатывается на основании технологических карт на возделывание с.-х. культур на период, указанный в задании.

В расчетно-пояснительной записке приводится согласно заданию план посевных площадей и разрабатывается сводный план механизированных полевых работ (табл. 3).

В заглавной части таблицы 3 в графах 5-9 вписываются наименования сельскохозяйственных культур заданного севооборота.

В графе 1 указывается порядковый номер сельскохозяйственной операции. В графе 2 записываются все сельскохозяйственные операции в строгой календарной последовательности их выполнения. Для этого следует воспользоваться технологическими картами [6, 9, 13], где представлен перечень операций при возделывании сельскохозяйственных культур, на основании которых и разрабатывается план механизированных работ. При этом следует обратить внимание: из отдельных технологических карт необходимо составить сводный план механизированных работ, операции в котором должны располагаться в строгой календарной последовательности, причем за основу берется первое значение даты календарных сроков выполнения операции.

Таблица 3

План механизированных работ

№ с.-х. операции	Наименование с.-х. операции	Календарный период выполнения операции	Единица измерения	Площадь, занимаемая с.-х. культурами					Общий объём работ	Марка трактора		Комбайны и другие машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12

Одноименные операции по различным сельскохозяйственным культурам, отличающиеся между собой сроками выполнения, агротехническими требованиями или составом применяемых сельскохозяйственных машин, должны записываться в графу 2 как отдельные операции.

В графе 3 указываются агротехнические календарные сроки выполнения процесса (операции), а в графе 4 – единица измерения (га, т, ткм). В графах 5-9 после записи соответствующей операции проставляются цифры объема выполняемых работ в физических единицах (га, т, ткм). В графе 10 – по каждой операции и проставляется суммарный объем работ в единицах, указанных в графе 4.

В графе 13 указываются марки комбайнов, транспортных средств и других машин.

Номера, присвоенные операциям в таблице 3, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

При использовании для расчётов редакторов Excel или Access таблица 3 может быть пропущена и план работ выполнен сразу по таблице 4. В этом случае номера, присвоенные операциям в таблице 4, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

3. РАСЧЕТ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Цель выполнения раздела – изучить методы определения количественного и качественного состава машинно-тракторного парка. Изучить и освоить методы оптимизации состава тракторного парка.

Расчет потребного количества тракторов и с.-х. машин

Расчет потребного количества тракторов, агрегатов и самоходных машин проводится отдельно по каждой марке тракторов и по самоходным машинам (комбайнам или энергетическим средствам) на период работ, указанный в задании.

В начале выписываются работы, выполняемые тракторами общего назначения (табл. 3), откуда выбираются операции, выполняемые одной маркой трактора, и записываются в таблицу 4. Затем операции, выполняемые другой маркой трактора и т.д.

С этой целью составляется таблица 4. В этой таблице графы 1, 2, 3, 4, 5 заполняются на основании плана механизированных работ.

Количество рабочих дней (графа 6) определяется на основании календарных сроков, при этом учитывается первый и последний день. Влияние метеоусловий, выходных дней и простоев по

причине отказов учитывается поправочными коэффициентами. Значения коэффициентов принимаются следующие. При продолжительности технологической операции от 5 до 10 дней равным 0,9; от 10 до 15 дней – 0,85-0,90 и свыше 15 дней – 0,80-0,85. Количество рабочих дней указывается в целых числах.

Длительность рабочего дня (графа 7) указывается в часах и устанавливается с учетом характера выполняемых работ. Она может быть равна продолжительности одной смены (7 часов), двух или трех смен (соответственно 14, 21 час). Общее количество часов работы одного агрегата – графа «Всего часов» (графа 8) определяется путем перемножения продолжительности рабочего дня на количество дней работы одного агрегата на данной операции.

Марка с.-х. машины и их количество (графы 9 и 10) по каждой операции указывается для той же марки трактора, которому распределена данная операция. При выборе с.-х. машин в первую очередь учитывается выполнение агротехнических требований. Количество машин в агрегате должно отвечать требованиям по составлению агрегатов [1, 2, 3, 8]. При необходимости указывается сцепка.

Например, состав агрегата для ранне-весеннего боронования, выполняемого трактором ХТЗ-150-03, должен быть записан: ХТЗ-150-03 + СГ-21А + 44 БЗСС-1.0. При составлении агрегатов необходимо согласовывать с.-х. машины по ширине захвата (например, при посеве пропашных культур и последующих обработках); по производительности на последующих операциях и т.д.

Количество обслуживающего персонала, работающего на данном агрегате в одну смену, указывается в графах 11 и 12.

Удельный расход топлива (кг на 1 га, 1 т, 1 ткм) при выполнение данной операции и сменная норма выработки (графы 13 и 14) принимается на основании данных типовых норм [12] или из приложения 4.

Таблица 4

Расчет количества агрегатов с тракторами (комбайнами) марки _____

| № с.-х. операции | | 1 | | |

С допустимой для расчетов точностью норма выработки за смену и расход топлива могут быть определены по следующим формулам.

Сменная производительность:

$$W_{см} = 0{,}1 \cdot B_{АГ} V_р \cdot T \cdot \tau \text{, га/см,} \qquad (3.1)$$

где $B_{АГ}$ – ширина захвата агрегата, м;

$V_р$ – рабочая скорость агрегата, км/ч;

T – продолжительность смены, ч;

τ – коэффициент использования времени смены.

Удельный расход топлива определяется в соответствии с формулой:

$$Q = \frac{G_ч^I}{W_{см}} \cdot T \text{ , кг/га ,} \qquad (3.2)$$

где $G_ч^I$ – часовой расход топлива двигателя трактора при выполнении с.-х. операции:

Часовой расход топлива двигателя трактора на вспашке и плоскорезной обработке составляет 90-95%, часового расхода по паспортным данным, а на культивации, посеве и др. операциях составляет 80-90% от часового расхода по паспортным данным.

Сменная норма выработки, указанная в типовых нормах [12], приведена из расчета 7-ми часовой рабочей смены. Часовая норма выработки (графа 15) определяется путем деления сменной нормы выработки, указанной в [12] на длительность смены, равной 7 часам.

В том случае, если длительность смены отличается от семичасовой, выработка за смену пересчитывается через часовую выработку.

При отсутствии данных по удельному расходу топлива и сменной норме выработке норма выработки агрегата и удельный расход топлива определяется по методике, изложенной в [8].

Дневная выработка (графа 16) определяется путем перемножения сменной выработки на количество смен.

Выработка агрегата за агротехнический срок (графа 17) определяется путем перемножения общего количества часов (графа 8) при выполнении данной операции на часовую норму выработки (графа 15). Потребное количество тракторов (графа 18) на выполнение полного объема работ определяется как отношение объема

работ по данной операции (графа 4) к выработке за агротехнический срок (графа 17). При расчетах количество тракторов часто получается дробной величиной. В связи с этим необходима корректировка, которая проводится округлением до ближайшего целого числа (как правило, в большую сторону). Также корректировка может осуществляться путём изменения числа дней работы агрегата в пределах установленного агротехническими требованиями календарного периода, изменением длительности рабочей смены с последующими перерасчетами.

Общее количество с.-х. машин необходимых, для выполнения операции (графа 19), определяется перемножением количества с.-х. машин (данные граф 9 и 10) в агрегате на количество тракторов (графа 18). Потребное количество механизаторов для выполнения сельскохозяйственной операции (графа 20) определяется путем умножения количества механизаторов, обслуживающих агрегат (графа 11), на количество тракторов (графа 18) и на количество смен. Количество вспомогательных рабочих определяется аналогично.

Потребное количеств нормо-часов, нормо-смен и нормо-дней (графы 22, 23, 24) определяется путем деления общего объема работ (графа 4) соответственно на часовую, сменную и дневную нормы выработки (соответственно графы 14, 15, 16) .

Расход топлива на выполнение технологической операции определяется путем умножения удельного расхода топлива (графа 13) на объем работ в физических единицах (графа 4).

Объем работ в условных эталонных гектарах определяется путем умножения количества нормо-часов (графа 23) на эталонную часовую выработку трактора (прил. 3)

Общий объем работ на выполнение технологической операции для комбайнов (энергетических средств типа КСК-100М, СК-5НЭ или ДОН-1500Б, ACROS, VECTOR и др.) определяется в физических гектарах. При скашивании объем работ умножается на коэффициент 0,7. При подборе коэффициент равен 1.

Определение необходимого количества тракторов (комбайнов)

После составления таблицы 4 определяется общее количество тракторов (комбайнов), необходимое для выполнения заданного

объема работ. С этой целью производится построение графиков машиноиспользования отдельно для каждой марки трактора или комбайна (энергетического средства).

Графики загрузки тракторов могут быть в основном двух типов.

Первый тип графиков – таблично-линейный график (рис. 1).

В первой и второй графах указываются операции из таблицы 4, причём каждая только один раз, в следующей графе – марки тракторов, комбайнов и других энергосредств, которыми будут выполняться операции. Здесь может быть указан и полный состав машинно-тракторного агрегата.

Определение минимально необходимого количества тракторов или комбайнов производится по месяцам наиболее напряженных полевых работ, т.е. с апреля по сентябрь, имея в виду, что в другие менее напряженные периоды техники будет достаточно. Построение графика производится в масштабе (например 1 день – 2-5 мм), на графике вертикально наносятся линии пятидневок. Работа машин по каждой операции обозначается в виде горизонтальных линий, положение и размеры которых определяются сроками начала и продолжительностью выполнения технологической операции. Над линией указывается число тракторов или комбайнов, определённых в таблице 4, а под линией номер этой технологической операции.

Второй тип графиков – это диаграмма (рис. 2).

Построение графиков проводится следующим образом: по оси абсцисс откладывается количество календарных дней по месяцам, в течение которых должен быть выполнен заданный объем работ. По оси ординат – количество тракторов (комбайнов), необходимых для выполнения данной операции. В целях удобства пользования графиками сельскохозяйственные операции отмечаются порядковым номером, присвоенным в таблице плана механизированных работ.

После построения графиков машиноиспользованния определяется максимальная потребность в технике по каждой пятидневке для каждой марки энергосредства (строка *ИТОГО*).

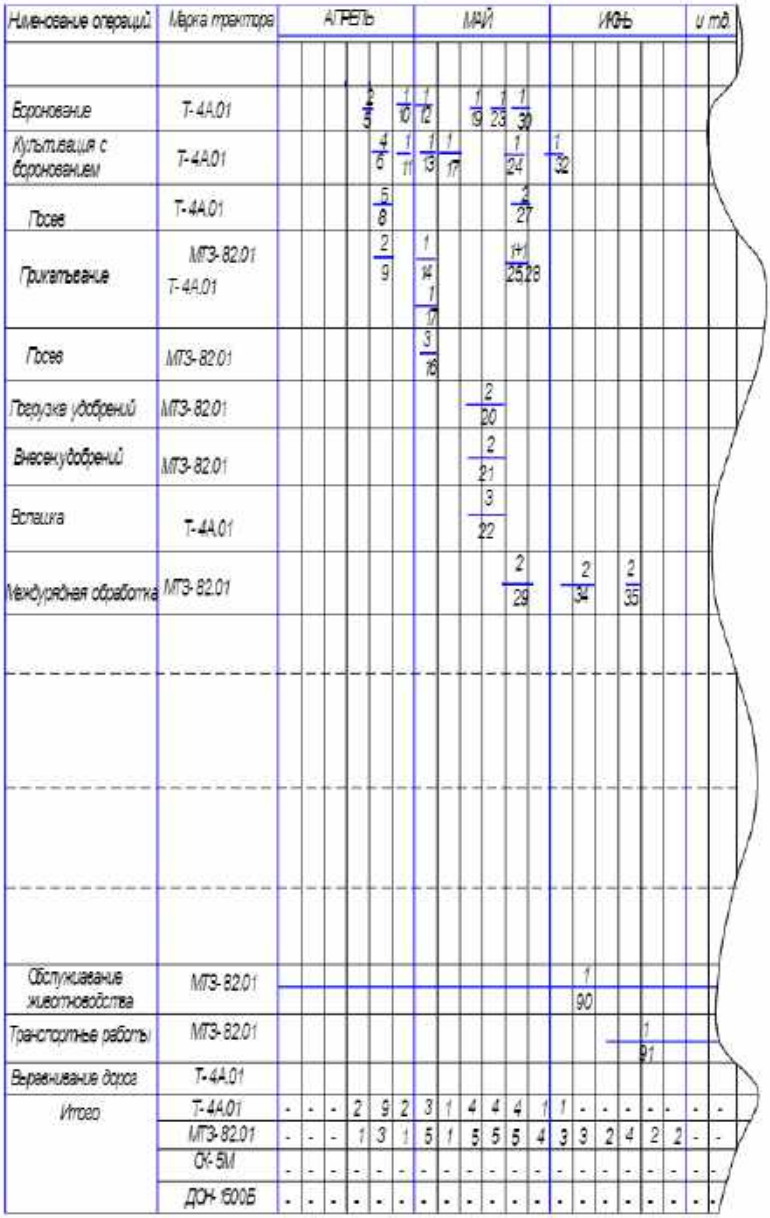


Рис. 1. График машиноиспользования (таблично-линейный)

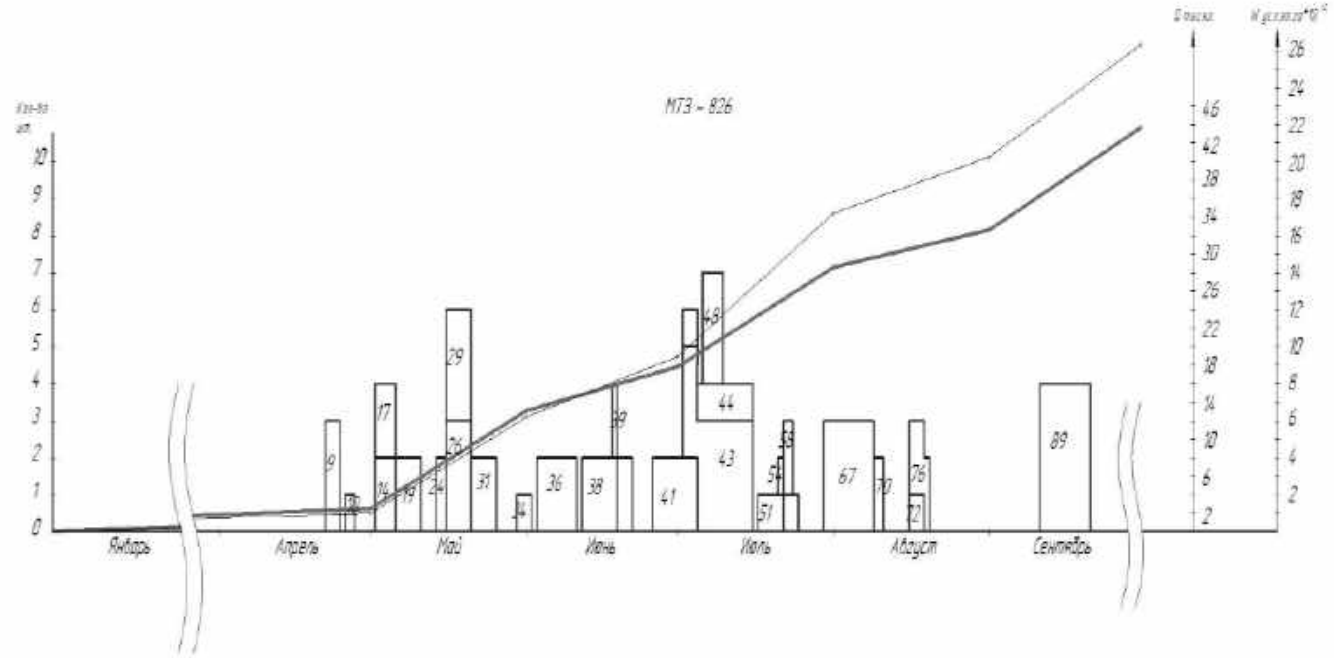


Рис. 2. График машиноиспользования (диаграмма)

Как правило после построения графики имеют некоторое количество пик и провалов, что свидетельствует о неравномерной загрузке тракторов, поэтому, после построения графиков проводят их анализ, а затем корректировку по минимальному количеству тракторов.

При этом используются следующие методы:

1. **Перераспределение объёмов работ между марками тракторов.** В этом случае часть работ передаётся для выполнения тракторам другой марки, при условии соответствия агротехническим требования и незагруженности в этот период. На рисунке 1 это, например, работа 10 (культивация с боронованием), часть объёма которой может быть передана трактору другой марки.

2. **Изменение длительности выполнения работ в пределах агротехнических сроков**. Так, например, потребное количество тракторов после построения операций 11, 15 и 16 составляет 8 шт. (рис. 2). Корректировка была проведена следующим образом. Количество рабочих дней было уменьшено, но увеличено количество тракторов на выполнении этой операции, т.е. использован третий метод. Иными словами операция 11 выполнена в более короткие сроки, но большим количеством агрегатов. Это позволило высвободить два трактора на период начала 15-ой операции. В результате этого операцию 15 начинают выполнять уже 6 тракторов, вместо 4. К моменту начала 16-ой операции эти 6 тракторов выполнят объем работ значительно больший, чем в первом случае, и после начала 16-ой операции, где будут работать 4 трактора, два трактора продолжат работу на 15-ой операции. После окончания выполнения 16-ой операции 2 трактора возвращаются на выполнение операции 15 и заканчивают. В итоге применения такого решения в данном примере потребное количество тракторов сократилось.

3. **Изменение длительности рабочего дня** (увеличивается количество смен при наличии механизаторов). Если имеется возможность изменить длительность рабочего дня, например, при выполнении операции 16 имеется возможность организовать работу в две (три) смены или увеличить продолжительность смены (это позволяет сократить количество тракторов), то корректировка операций 11, 15 и 16 в предыдущем примере может быть получена как на рис. 3 б. В результате таких преобразований можно значительно сократить количество тракторов.

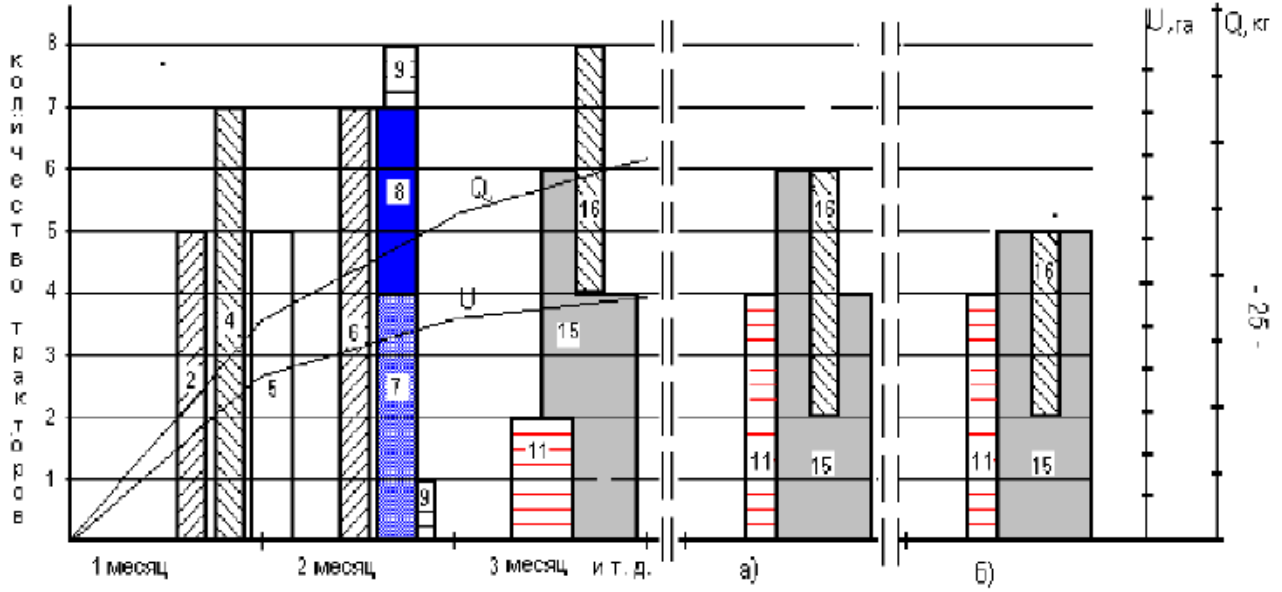


Рис. 3. Последовательность корректировки графиков машиноиспользования.

Все изменения по количеству тракторов на графиках должны сопровождаться соответствующими изменениями в таблице 4. После корректировки графиков машиноиспользования и завершения расчетов по каждой марке трактора (комбайна) определяется суммарный расход топлива, объем работ в условных эталонных гектарах, а также общее количество нормо-часов, нормо-смен и нормодней.

Потребное количество тракторов определяется после корректировки графиков по максимальным значениям.

Определение состава машинно-тракторного парка

Количество тракторов (комбайнов) и с.-х. машин для выполнения заданного объема определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4 и окончательно после корректировки графиков машиноиспользования. Результаты сводятся в таблицу 5.

Таблица 5

Состав машинно-тракторного парка

Наименование машины	Марка машины	Кол-во	Выработка, га, т, ткм		Расход топлива, кг	
			общая	на 1 машину	общий	на 1 усл. эт га
1	2	3	4	5	6	7

Необходимое количество с.-х. машин подсчитывается с учетом повторного их использования на одноименных операциях. Общая выработка на машины каждой марки подсчитывается путем суммирования соответствующих объемов одноименных работ. Выработка на одну машину определяется путем деления общей выработки на потребное количество машин. Число плугов для тракторов принимается по одному на трактор.

4. РАЗРАБОТКА ГОДОВОГО ПЛАНА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МТП

Цель выполнения – изучить методы проектирования потребного количества ТО, трудоёмкости проведения ТО и ремонтов машинно-тракторного парка.

Разработка годового плана ТО и ремонтов

При разработке плана технических обслуживаний и ремонтов используется графо-аналитический метод.

Данный метод позволяет определять количество ТО и ремонтов за каждым трактором на протяжении всего расчетного периода.

Исходными данными для разработки плана технического обслуживания тракторов является:

-техническое состояние каждого трактора к началу планируемого периода, которое как правило устанавливается по расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта;

- периодичность технических обслуживаний и ремонтов для каждой марки тракторов;

- планируемая выработка за месяц каждой машиной.

Техническое состояние тракторов, определяемое по расходу топлива каждым трактором от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта устанавливается следующим образом.

Средний срок службы машин составляет 8 лет. В хозяйствах тракторный парк должен обновляться примерно на 10-12 процентов ежегодно. Поэтому, с учетом проведенных капитальных ремонтов может быть принято, что 15-20 процентов тракторов прошли капитальный ремонт или новые. Примерно столько же отработали год, два и т.д., результаты заносятся в таблицу 6.

Таблица 6

Техническое состояние машин

Марка трактора	Хоз. номер	Расход топлива от начала эксплуатации или капитального ремонта, кг
1	2	3

Для определения выработки и расхода топлива по каждому трактору за расчетный период составляется таблица 7. По графикам машиноиспользовния (прил. 6, рис. П.6.1 или рис. П.6.2) определяется эксплуатационное количество тракторов по каждому месяцу, а по расчетным данным таблицы 4 – общий объём работ в условных эталонных гектарах и общий расход топлива за тот же период. Если какая-либо операция выполняется в двух и более смежных месяцах, то выработка и расход топлива по месяцам распределяется согласно количеству рабочих дней в том и другом месяце.

Средняя годовая нагрузка на 1 условный эталонный трактор составляет 1200-1300 часов. В случае недогруженности трактора допускается догрузка до 30%.

Периодичность технических обслуживаний и ремонтов установлена нормативными материалами [1, 2, 9] и инструкцией по эксплуатации трактора.

Для разработки плана технических обслуживаний и ремонтов (табл. 8) строится линейный график периодичности ТО и ремонтов для каждой марки тракторов (рис. 4).

Построение графика проводится в следующей последовательности.

Проводится прямая линия. Начало линии означает начало эксплуатации трактора после капитального ремонта (КР) или как нового (принимается за 0). Окончание линии принимается за очередной капитальный ремонт (КР). В связи с тем, что в период от начала эксплуатации до капитального ремонта проводится два средних ремонта – СР, то линия делится на три равных части с соответствующими пометками. Между средними ремонтами проводятся по одному ТО-3 (рис. 4.а).

Для тракторов, решение о постановке на производство принято до 1 января 1982 г. в период между ТО-3 проводятся 3 ТО-2. Поэтому между техническими обслуживаниями №3 (ТО-3) проводится три технических обслуживания №2 (ТО-2) , а между каждыми обслуживаниями №2 – три технических обслуживания №1 (ТО-1) (рис. 4,б). На этой шкале против меток, обозначающих номера технических обслуживаний, записывается соответствующие нормативные значения количества топлива (в кг), при которых проводятся эти ТО и ремонты.

Таблица 7

Распределение объема работ по отдельным тракторам

Месяц	Тракторы (марка)										Тракторы (марка)					
	Объем работ усл. эт. га.	Планируемый расход топлива, кг	Хоз. №__		Хоз. №__		Хоз. №__		Хоз.№__		Объем работ усл. эт. га.	Планируемый расход топлива, кг	Хоз. №__		Хоз. №__	
			выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг			выработка усл. эт. га	расход топлива, кг	выработка усл. эт. га	расход топлива, кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

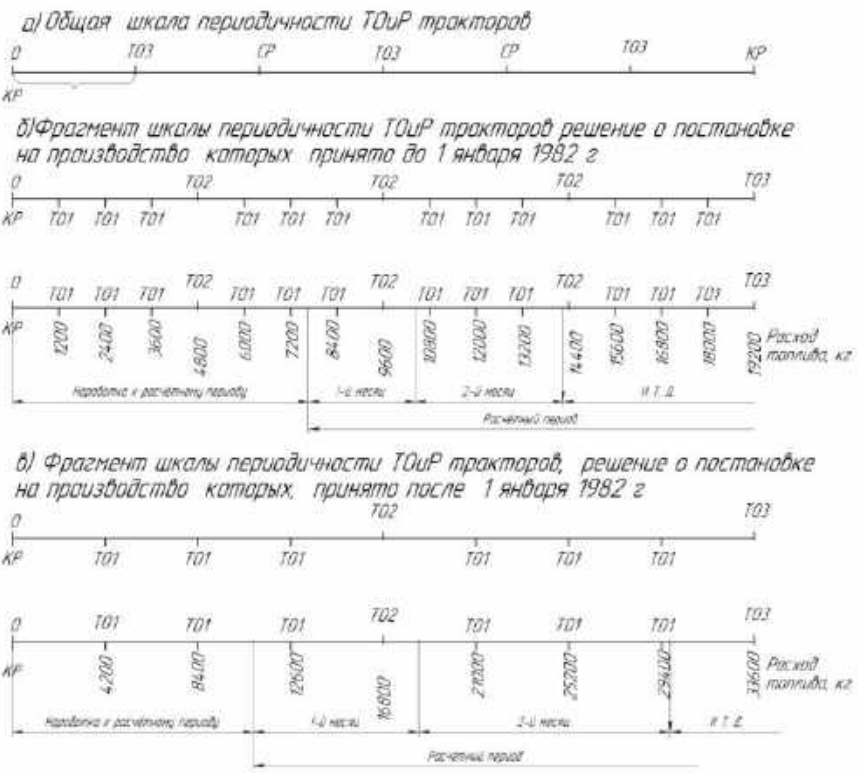


Рис. 4. Шкала периодичности ТО и ремонтов

Для тракторов, решение о постановке на производство принято после 1 января 1982 г. в период между ТО-3 проводятся 1 ТО-2, а между каждыми обслуживаниями №2 – три технических обслуживания №1 (ТО-1) (рис.4, в).

План технических обслуживаний (табл. 8) составляется следующим образом.

На графике периодичности находится точка, соответствующая расходу топлива от начала эксплуатации или последнего капитального ремонта для данного хозяйственного № трактора. Затем от этой точки откладывается расход топлива за первый планируемый месяц работы (рис. 4, б или 4,в) участок 1-й месяц). Все ТО и ремонты, находящиеся между первой и второй точками, записываются в соответствующие графы таблицы 8 этого месяца.

От второй точки откладывается расход топлива за второй месяц и подсчитываются все ТО и ремонты за второй месяц (Рис. 4б или 4в участок 2-й месяц) и т.д. Таким образом, определяется количество ТО за расчетный период по каждому хозяйственному № трактору конкретной марки или модели.

По окончании расчетов определяются итоговые результаты по каждому трактору в соответствии с хозяйственным № данной марки.

На листе графической части строится план технических обслуживании и ремонтов для каждого трактора (рис. 5).

При использовании графо-аналитического расчёта отдельно строятся системы координат (рис. 5), на шкале абсцисс откладываются календарные сроки работ, по шкале ординат – шкала ТО и ремонтов с указанием количества топлива. Далее находится точка, соответствующая начальному расходу топлива на начальный календарный срок. После, согласно данным таблицы 7 отмечается точка, показывающая, каким стал расход топлива (нарастающим итогом) после выполнения операции или нескольких операций в течение месяца. Количество ТО и ремонтов находится при пересечении выстраиваемой линии с линиями шкалы периодичности ТО и ремонтов. Такие графики строятся для каждого трактора (по каждому хозяйственному № трактора). В нижней части графика считается необходимое число ТО и ремонтов по каждой марке трактора. При этом необходимо учесть, что при достижении расхода топлива значения соответствующего капитальному ремонту, расход топлива принимаем равным нулю и расчёт нбачинается от начала шкалы.

В расчетно-пояснительной записке по итогам графо-аналитического расчёта определения количества ТО и ремонтов, составляется таблица 8.

Вид листа графической части – график или табличная форма – уточняется с руководителем проектирования.

Таблица 8

Годовой план проведения технических обслуживаний и ремонтов тракторов

Хоз. № трактора	Расход топлива от начала эксплуатации или КР	ЯНВАРЬ							ФЕВРАЛЬ							...	Всего за год					
		Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты		Расход топлива		Техническое обслуживание			Ремонты		...	Расход топлива	Техническое обслуживание			Ремонты	
		За месяц	Нарастающим итогом	№1	№2	№3	Капитальный	Средний	За месяц	Нарастающим итогом	№1	№2	№3	Капитальный	Средний		Плановый расход	№1	№2	№3	Капитальный	Средний
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23

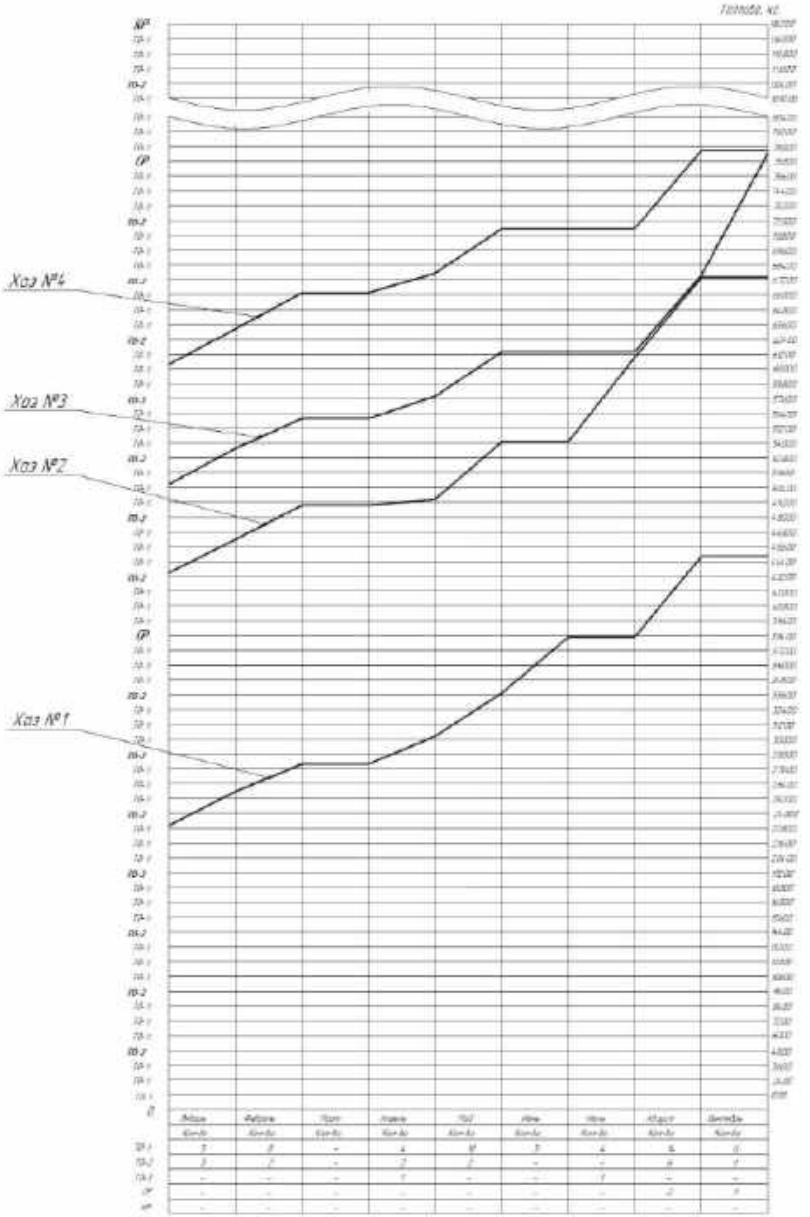
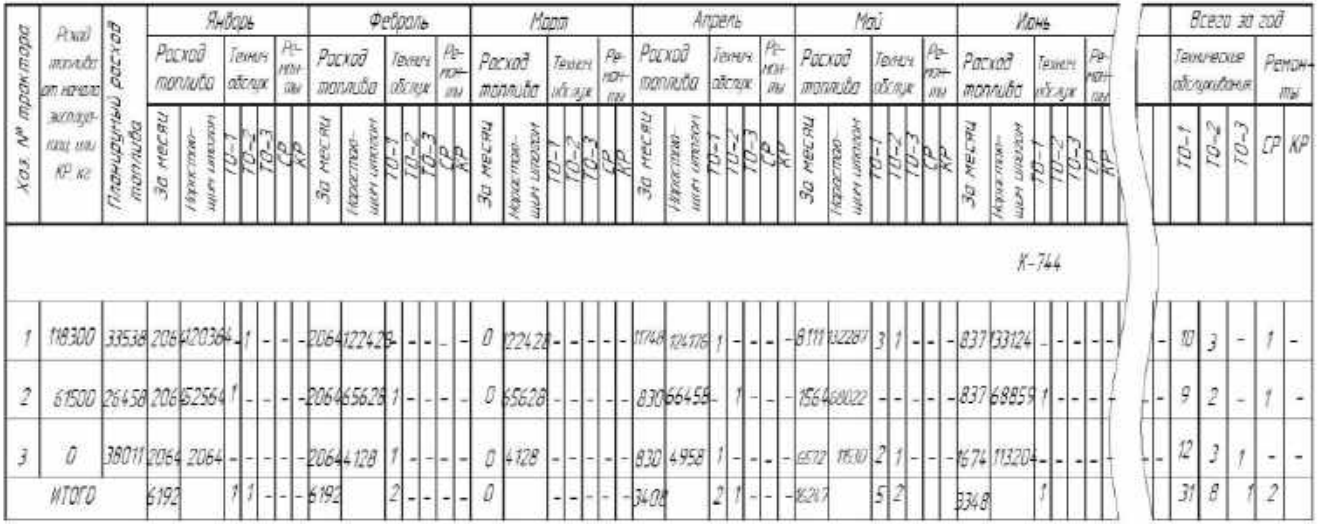


Рис. 5. График ТО и ремонтов тракторов



Хоз. № трактора	Расход топлива от начала эксплуатации или КР, кг	Плацируемый расход топлива	Январь: Расход топлива, За месяц	Январь: Расход топлива, Нарастающим итогом	Январь: Техническое обслуживание, ТО-1	Январь: Техническое обслуживание, ТО-2	Январь: Техническое обслуживание, ТО-3	Январь: Ремонты, СР	Январь: Ремонты, КР	Февраль: Расход топлива, За месяц	Февраль: Расход топлива, Нарастающим итогом	Февраль: Техническое обслуживание, ТО-1	Февраль: Техническое обслуживание, ТО-2	Февраль: Техническое обслуживание, ТО-3	Февраль: Ремонты, СР	Февраль: Ремонты, КР	Март: Расход топлива, За месяц	Март: Расход топлива, Нарастающим итогом	Март: Техническое обслуживание, ТО-1	Март: Техническое обслуживание, ТО-2	Март: Техническое обслуживание, ТО-3	Март: Ремонты, СР	Март: Ремонты, КР	Апрель: Расход топлива, За месяц	Апрель: Расход топлива, Нарастающим итогом	Апрель: Техническое обслуживание, ТО-1	Апрель: Техническое обслуживание, ТО-2	Апрель: Техническое обслуживание, ТО-3	Апрель: Ремонты, СР	Апрель: Ремонты, КР	Май: Расход топлива, За месяц	Май: Расход топлива, Нарастающим итогом	Май: Техническое обслуживание, ТО-1	Май: Техническое обслуживание, ТО-2	Май: Техническое обслуживание, ТО-3	Май: Ремонты, СР	Май: Ремонты, КР	Июнь: Расход топлива, За месяц	Июнь: Расход топлива, Нарастающим итогом	Июнь: Техническое обслуживание, ТО-1	Июнь: Техническое обслуживание, ТО-2	Июнь: Техническое обслуживание, ТО-3	Июнь: Ремонты, СР	Июнь: Ремонты, КР	Всего за год: Техническое обслуживание, ТО-1	Всего за год: Техническое обслуживание, ТО-2	Всего за год: Техническое обслуживание, ТО-3	Всего за год: Ремонты, СР	Всего за год: Ремонты, КР
К-744																																																
1	118300	33538	2064	120364	1	-	-	-	-	2064	122428	-	-	-	-	-	0	122428	-	-	-	-	-	17748	124176	1	-	-	-	-	8111	132287	3	1	-	-	-	837	133124	-	-	-	-	-	-	10	3	-	1	-
2	61500	26458	2064	52564	1	-	-	-	-	2064	56628	1	-	-	-	-	0	56628	-	-	-	-	-	8306	64934	-	1	-	-	-	1564	66022	-	-	-	-	-	837	66859	1	-	-	-	-	-	9	2	-	1	-
3	0	38011	2064	2064	-	-	-	-	-	2064	4128	1	-	-	-	-	0	4128	-	-	-	-	-	830	4958	1	-	-	-	-	6572	11530	2	1	-	-	-	1674	13204	-	-	-	-	-	-	12	3	1	-	-
ИТОГО			6192		1	1	-	-	-	6192		2	-	-	-	-	0		-	-	-	-	-	3408		2	1	-	-	-	16247		5	2				3348		1					31	8	1	2	

Рис. 6. План-график ТО и ремонтов тракторов (табличная форма)

Определение годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП является:

- количество технических обслуживаний, капитальных и средних ремонтов по отдельным маркам тракторов и комбайнов;
- количество послесезонных технических обслуживаний и средних ремонтов за несложными сельскохозяйственными машинами;
- количество машин и механизмов, подлежащих длительному хранению в нерабочий период;
- трудоёмкость каждого вида ремонта, технического обслуживания и хранения машин (приложение 5).

Для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию МТП составляется таблица 9.

Исходными данными для определения годового объёма работ по техническому обслуживанию тракторов и комбайнов служат результаты расчётов таблицы 9 (количество технических обслуживаний и ремонтов, проводимых всего за год).

Трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов определяется по количеству и трудоёмкости каждого вида обслуживания или ремонта.

Годовой объём работ по текущему ремонту (устранение неисправностей) определяется как 50% от суммы трудоёмкости всех технических обслуживаний.

Годовой объём работ по хранению тракторов и комбайнов (подготовка к хранению, обслуживание в период хранения и снятие с хранения) определяется по количеству машин, устанавливаемых на хранение и норм затрат времени на хранение каждого вида машин.

Расчет исполнителей по техническому обслуживанию МТП

Для обеспечения производственного процесса технического обслуживания машин в штате мастерской должны быть предусмотрены следующие категории работников: мастер наладчик и мастер диагност.

Необходимое число производственных рабочих по видам работ может быть определено по формуле:

$$M = \frac{T}{\Phi_{ДГ} \cdot K_{П}} \quad (4.1)$$

где T – годовая трудоемкость работ, чел.ч;

$\Phi_{ДГ}$ – действительный годовой фонд рабочего времени, ч;

$K_{П}$ – коэффициент, учитывающий повышение производительности труда ($K_{п}$=1,05).

Действительный годовой фонд рабочего времени рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{дг} = (Д_{К} - Д_{П} - Д_{В} - Д_{О}) П_{С} \times \eta_{У} \quad (4.2)$$

где $Д_{К}$, $Д_{П}$, $Д_{В}$, $Д_{О}$, – количество календарных, праздничных, выходных, отпускных дней;

$П_{с}$ – продолжительность смены, ч;

$\eta_{У}$ – коэффициент потерь рабочего времени по уважительным причинам ($\eta_{У}$=0,95)

По результатам расчётов делаются выводы о необходимом количестве мастеров-наладчиков, слесарей и мастеров-диагностов.

Таблица 9

Объем работ по техническому обслуживанию машинно-тракторного парка

Наименование и марка машин	Количество машин	Ремонты и техническое обслуживание																							
		капитальный			средний			Текущий (устранение технич. неиспр.)	№1			№2			№3			сезонное			хранение			
		Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч	Кол-во		Трудоемкость, чел.-ч		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
			одного	общая		одного	общая	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая		одного	общая		
Итого		-			-				-			-			-			-			-			-	

33

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ

Цель выполнения раздела – изучить и освоить методы технико-экономического расчета и анализа показателей использования машинно-тракторного парка.

Общий объем механизированных работ определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Площадь пашни принимается согласно заданию.

Коэффициент интенсивности обработки пашни находится из отношения общего объёма механизированных работ к площади пашни.

Количество усл. эт. тракторов, количество комбайнов, количество трактородней, количество трактороемен определяется из таблицы 4.

Среднегодовая выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству усл. эт. тракторов

Среднесменная выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству трактороемен.

Среднедневная выработка на 1 усл. эт. трактор находится из отношения общего объёма механизированных работ к количеству трактородней.

Общий расход топлива определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 4.

Удельный расход топлива находится из отношения общего расхода топлива к количеству усл. эт. тракторов.

Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту определяется по результатам расчетов, полученных в таблице 9.

Потребное количество механизаторов, мастеров-наладчиков и мастеров-диагностов определяется по результатам расчетов, полученных в разделах 2 и 3.

На основании проведённых расчётов заполняется таблица 10.

По результатам расчёта технико-экономических показателей использования МТП необходимо сделать выводы.

Таблица 10

Технико-экономические показатели использования МТП

№ п/п	Показатели	Значение
1.	Общий объём механизированных работ, усл. эт. га	
2.	Площадь пашни, га	
3.	Коэффициент интенсивности обработки пашни, усл. эт. га/га	
4.	Количество тракторов усл. эт., шт. по маркам: (физич.) шт.	
5.	Количество комбайнов, общее, шт. по маркам: шт.	
6.	Количество тракторо-дней – общее, тр. дней по маркам:	
7.	Количество трактороемен – общее тр. смен по маркам:	
8.	Среднегодовая выработка на 1усл. эт. трактор, усл. га по маркам:	
9.	Среднесменная выработка на 1усл. эт. трактор, усл. га по маркам:	
10.	Среднедневная выработка на 1усл.эт трактор, усл.га по маркам:	
11.	Расход топлива общий, кг	
12.	Удельный расход топлива: усл. эт. трактором, кг/ усл. эт. га	
13.	Объем работ по техническому обслуживанию и ремонту, чел. – ч	
14.	Коэффициент сменности	
15.	Потребное количество механизаторов, чел.	
16.	Потребное количество мастеров-наладчиков, чел.	
17.	Потребное количество мастеров-диагностов, чел.	

6. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Выводы и предложения должны содержать краткие выводы по результатам расчётов в курсовой работе и по основным технико-экономическим показателям работы (табл. 10), также и предложения по использованию результатов разработки.

7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ

Законченные курсовые работы в установленный срок сдаются студентами руководителю, который проверяет качество работы и ее соответствие объему, указанному в задании. После проверки преподаватель подписывает чертежи и пояснительную записку, принимает решение о допуске к защите и назначает дату.

Студент в обязательном порядке защищает курсовую работу перед комиссией из трех квалифицированных преподавателей. Состав комиссии определяет заведующий кафедрой. Защита производится вне расписания учебных занятий, согласно вывешенному на кафедре графику защиты

Защита курсовой работы проводится по графику, в специально отведенное время. Защита проводится в виде доклада студента по основным разделам проекта (до 5 мин.) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих (до 7 мин). Доклад сопровождается пояснениями по листам графической части, студент (по согласованию с руководителем) может представить презентацию проекта в виде слайдов.

Подготовка к защите сводится к написанию тезисов доклада и оформлению иллюстративных материалов (презентации). Для иллюстрации доклада студентом могут быть использованы графические материалы проекта, а также специально подготовленные плакаты или слайды. При подготовке доклада и презентации следует придерживаться общих требований принятых в академии [11].

Рекомендуется следующая последовательность изложения: тема курсовой работы; постановка задачи и проблемы; анализ состояния изучаемого вопроса; обоснование и принятие решений по разделам курсовой работы; выводы и предложения для производства.

Для подготовки к защите рекомендуется ответить на следующие контрольные вопросы.

1. Как производится выбор рациональных марок тракторов?

2. Как определить производительность агрегата при выполнении технологической операции?

3. Как определяется потребное количество тракторов и сельскохозяйственных машин на выполнение технологической операции?

4. Как определить объём работ в условных эталонных гектарах?

5. Какие методы корректировки графиков машиноиспользования используются?

6. Как рассчитывается выработка за агротехнический срок?

7. Какова последовательность построения графиков ТО?

8. Как определить количество ТО и ремонтов с использованием графиков?

9. Как находится трудоёмкость проведения ТО, ремонтов и хранения?

10. Как определяется удельный расхода топлива?

Ответы на вопросы необходимо формулировать четко, ясно и по существу.

С учетом содержания, качества оформления и защиты работы комиссия оценивает защиту по пятибалльной шкале.

На оценку влияют:

- обоснованность принятых решений;
- правильность расчетов и качество оформления пояснительной записки (оценка выставляется преподавателем, проверяющим пояснительную записку);
- качество доклада;
- правильность и полнота ответов на вопросы.

Комиссия оценивает курсовые работы по следующим критериям: соответствие содержания и темы; полнота решения поставленных задач; уровень выполнения расчетов; достоверность полученных результатов; применение информационных технологий; качество оформления и соответствие требованиям; качество доклада; правильность и полнота ответов на вопросы.

Оценку «отлично» рекомендуется выставлять студенту, если работа выполнен на заданную тему, разделы разработаны грамотно, решения обоснованы и подтверждены расчетами. Пояснительная записка и графическая часть выполнены качественно. Студент сделал логичный доклад, раскрыл особенности, проявил большую эрудицию, аргументировано ответил на 90-100% вопросов, заданных членами комиссии.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если работа выполнена в соответствии с заданием, расчеты выполнены грамотно, но их обоснование не является достаточно глубоким. При этом ошибки не имеют принципиального характера, а проект оформлен в соответствии с установленными требованиями с небольшими отклонениями. Студент сделал хороший доклад и правильно ответил на 70-80% вопросов

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если работа выполнена в полном объеме, но содержит недостаточно убедительное обоснование, существенные технические ошибки, свидетельствующие о проблемах в знаниях студента, но в целом не ставящие под сомнение его подготовку по дисциплине. При этом пояснительная записка, графическая часть выполнены небрежно. Студент не раскрыл основные положения своего проекта, ответил правильно на 50-60% вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если работа выполнена не в полном объеме, содержит грубые ошибки в расчетах и принятии решений, количество и характер которых указывает на недостаточную подготовку. Доклад сделан неудовлетворительно, содержание основных разделов не раскрыто; качество оформления работы низкое, студент не правильно ответил на большинство вопросов, показал слабую подготовку.

Студентам, получившим неудовлетворительную оценку по курсовой работе, предоставляется право выполнения работы по новой теме, или по решению руководителя и заведующего кафедрой, доработки прежней темы и определяется новый срок для ее защиты. Повторная защита курсовой работы допускается не более двух раз.

При выставлении оценки комиссия учитывает наличие у студента знаний и умений пользоваться научными методами познания, творческого подхода к решению инженерной задачи, владения навыками находить теоретическим путем ответы на сложные вопросы в области производственной и технической эксплуатации машин.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка /А.А. Зангиев, А. В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М. : КолосС, 2005. – 320 с.

2. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А Иофинов, Г.П. Лышко. – М. : Колос, 1984. – 351с.

3. Зангиев, А.А. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка : учебник / А.А Зангиев, Г.П. Лышко А.Н. Скороходов. – М. : Колос, 1996. – 320с.

4. Ананьин, А.Д. Диагностика и техническое обслуживание машин : учебник / А. Д. Ананьин, В М. Михлин, И. И. Габитов. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 432 с.

5. Курочкин, И.М. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие / И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2012. – 200 с.

6. Васин, В.Г. Растениеводство : учебное пособие / В.Г. Васин, А.В. Васин, Н.Н. Ельчанинова. – Самара : РИЦ СГСХА, 2009. – 528 с.

7. Гниломёдов, В.Г. Хранение сельскохозяйственной техники : учебное пособие / В.Г. Гниломёдов, А.А Кудашкин. – Самара, 2005. – 120с.

8. Кузнецов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка : методические указания / С.А. Кузнецов, В.М. Янзин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. – 35с.

9. Разумов, И.Н. Справочный материал к методическим указаниям по дисциплине эксплуатации машинно-тракторного парка / И.Н. Разумов. – Кинель. 1987. – 57 с.

10. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве : справочник – М. : Росинформагротех, 2008. – 316 с.

11. Петрова, С.С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / С.С. Петрова, Г.С. Бухвалов, С.В. Машков, А.П. Быченин, С.В Денисов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010.– 34с.

12. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М. : Росинформагротех, 2001. – 190 с.

13. Федеральный реестр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. – М. : Информагротех, 2005.– 565 с.

14. Каталог сельскохозяйственной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа – свободный: http://www.agri-tech.ru/catalog/

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Форма задания (пример)

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

ЗАДАНИЕ
на курсовую работу по дисциплине
ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Студенту _____
(Фамилия, Имя, Отчество)

Тема: Проектирование рационального состава МТП
и его технической эксплуатации для хозяйства площадью 3480 га

Исходные данные на курсовую работу

Сельскохозяйственные культуры	Площадь, га	Плановая урожайность продукции	
		основной	побочной
1 Пар	730	-	-
2 Ячмень	640	16	16
3 Оз. рожь	860	32	35
4 Просо	310	16	21
5 Подсолнечник	550	14	-
6 Мн. Травы	390	-	-

Марки тракторов для выбора:
общего назначения: К-744Р, ХТЗ-150-03
универсально-пропашные: МТЗ-82.1, ЮМЗ-6АКЛ
Группы норм выработки: на пахотные работы – 3
на непахотные работы – 4
Средняя длина гона _____1250 м
Средняя длина ездки внутри бригады _____8 км
По хозяйству в целом _____12 км

Задание выдано «____» _____20___г.
Руководитель _____ _____
(подпись) (расшифровка подписи)

Приложение 2

Пример оформления титульного листа

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

кафедра «Технический сервис»

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка»

Тема: _____
_____

Выполнил:
Студент ___ курса
Группы ____
Форма обучения_____
направления подготовки _____
профиля подготовки _____

личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество полностью)

К защите допущен: _____ / _____ /
(подпись) (инициалы, фамилия)

_____ / _____ /
_____ / _____ /
Оценка _____ _____ / _____ /
(цифрой и прописью) (подписи членов комиссии) (расшифровка подписи)

Самара 20__

Приложение 3
Таблица П. 3.1

Эталонная сменная выработка и
коэффициенты перевода физических тракторов в условные
(эталонный трактор ДТ-75) (*для учебного пользования)

Тяговый класс, кН	Марка трактора	Мощность двигателя, кВт	Значение коэффициента перевода, у.э. га	Эталонная сменная норма выработки, у.э. га
1	2	3	4	5
80	John Deere 9630	386	3,2	
80	К-744Р3	287,0	3,00	21,0
80	К-745	309,0	3,00	21,0
60	Buhler Versatile 2375	280	3,00	21,0
60	А-600	220,6	2,90	20,3
60	МТЗ-4520	336,0	2,90	20,3
60	John Deere 8530	236	2,90	20,3
50	К-701	220,6	2,70	18,9
50	К-701М	242,6	2,70	18,9
50	К-744	257,0	2,70	18,9
50	К-744Р2	257	2,70	18,9
50	К-744Р-04	184	2,70	18,9
50	К-744Р-05	220	2,70	18,9
50	МТЗ-3022	220,6	2,70	18,9
50	К-5280АТМ	205,0	2,70	18,9
50	МТЗ-2822	206,0	2,70	18,9
50	Т-250	183,8	2,70	18,9
50	New Holland T8040	248	2,70	18,9
50	К-700А	158,0	2,10	14,7
50	МТЗ-2522	184,0	2,10	14,7
40	МТЗ-2022	156,0	2,00	14,0
40	МТЗ-2102	156,0	2,00	10,2
40	ВТ-150Д	110,0	1,45	10,2
40	ВТ-200	132,4	1,45	10,2
40	Т-4А	95,6	1,45	10,2
40	Т-402	110,3	1,45	10,2
40	ХТЗ-201	128,7	1,45	10,2
40	ХТЗ-17421	147	1,85	13,0
40	К-3180АТМ	132,0	1,85	13,0
40	ХТЗ-16131	132,4	1,85	13,0
40	ХТЗ-150К-12	132,4	1,85	13,0
40	ХТЗ-17221	128,7	1,85	13,0
40	ХТЗ-151К	128,7	1,85	13,0

Окончание табл. П. 3.1

1	2	3	4	5
40	ХТЗ-150-05-09	128.7	1,85	13,0
30	МТЗ-1523	114,0	1,65	11,6
30	Т-150	110,4	1,65	11,6
30	Т-150К	121,4	1,65	11,6
30	ХТЗ-150-03	110.0	1,65	11,6
30	ДТ-175С	125,1	1,65	11,6
30	ВТ-90	70	1,10	7,7
30	ВТ-100Д	88,0	1,10	7,7
30	ДТ-75М	66,1	1,10	7,7
20	ЛТЗ-155	118,0	1,35	9,5
20	МТЗ-1221	95,6	1,35	9,5
20	РТ-М-160	118,0	1,35	9,5
20	МТЗ-1025	77	1,35	9,5
20	МТЗ-1221	96.0	1,35	9,5
20	МТЗ-1523	114	1.35	9.5
20	Т-70СМ	52,9	1,00	7.0
14	МТЗ-80.	58,9	0,70	4.9
14	МТЗ-82	58,9	0,75	5,3
14	МТЗ-900	60.0	0,75	5,3
14	МТЗ-952	65.0	0,75	5,3
14	ЛТЗ-60	44,1	0,60	4,2
14	ЮМЗ-6АКЛ	44,1	0,60	4,2
14	МТЗ-592	46.0	0,60	4,2
14	МТЗ-552	42,0	0,60	4,2
9	Т-40АМ	36,8	0,50	3,5
9	Т-40М	36,8	0,50	3,5

Таблица П. 3.2

Коэффициенты перевода в эталонные единицы сельскохозяйственных тракторов

Марка трактора	Эксплуатационная мощность двигателя, кВт	Эксплуатационная масса трактора, кг	Рабочая скорость пахотного агрегата, км/ч	Коэффициент использования времени смены	Производительность в час сменного времени, га	Коэффициент перевода в эталонные тракторы (эталон. трактор ТЭ-150)
1	2	3	4	5	6	8
Эталон ТЭ-150	110,3	6300	8,12	0,72	1,50	1
ЗАО «Петербургский тракторный завод» (Россия)						
К-745	364,0	18800	11,00	0,51	3,27	2,18
К-744Р3	264,0	17500	9,72	0,58	2,76	1,84
К-744Р2	235,0	15680	9,25	0,61	2,51	1,67

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
К-701М	224,0	14600	9,04	0,63	2,37	1,58
К-744Р1	205,0	15060	8,02	0,64	2,29	1,53
К-744Р-05	205,0	14300	8,44	0,64	2,26	1,51
К-701	198,6	13600	8,60	0,65	2,20	1,47
К-744Р	172,0	15060	6,73	0,67	2,10	1,40
ЗАО «Агротехмаш» (Россия)						
К5220 АТМ	155,0*	9020	11,00	0,74	2,05	1,37
К5250 АТМ	165,0*	9020	11,00	0,71	2,25	1,50
К5280 АТМ	195,0*	9070	11,00	0,70	2,39	1,59
К3180 АТМ	130,0*	7000	11,00	0,77	1,77	1,18
К3160 АТМ	118,0*	7000	11,00	0,78	1,64	1,09
К3140 АТМ	103,0*	7000	9,70	0,80	1,52	1,01
ФГУП «Уралвагонзавод» (Россия)						
РТ-М-160	118,0	6300	11,00	0,79	1,49	0,99
ОАО «Камаз» (Россия)						
КамАЗ Т-215	135,0	7205	11,00	0,76	1,83	1,22
ОАО «Клаас» (Россия)						
«ATLES 946»	202,0	9026	11,00	0,69	2,43	1,62
ОАО «Липецкий тракторный завод» (Россия)						
ЛТЗ-55	36,8	2900	7,14	0,89	0,52	0,34
ЛТЗ-155	110,3	5600	11,00	0,80	1,33	0,89
ЛТЗ-60АВ	44,1	3380	7,15	0,87	0,66	0,44
ЛТЗ-55А	36,8	3075	6,56	0,89	0,56	0,37
ЛТЗ-55АН	36,8	3090	6,53	0,89	0,56	0,37
ООО «Завод Омсктрактор» (Россия)						
ЗТМ-60Л	45,6	3400	7,55	0,88	0,62	0,41
ЗТМ-62Л	45,6	3660	6,83	0,87	0,67	0,45
ООО «Владимирский моторо-тракторный завод» (Россия)						
ВТЗ-2048А	33,1	2750	6,82	0,89	0,51	0,34
Т-45А	33,1	2600	6,76	0,89	0,49	0,32
Т-30-69	22,1	2390	6,50	0,91	0,31	0,20
Т-30-70	22,1	2390	6,50	0,85	0,31	0,20
Т-30А-80	22,1	2490	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-2032А	22,1	2440	6,50	0,91	0,32	0,22
ВТЗ-30СШ	22,1	2440	6,50	0,91	0,31	0,20
ВТЗ-2027	18,4	2020	6,50	0,92	0,26	0,17
ОАО «Харьковский тракторный завод» (Украина)						
ХТЗ-21042	177,9	7900	11,00	0,66	2,00	1,33
ХТЗ-17421	136,0	9040	8,87	0,71	1,65	1,10
ХТЗ-17024	132,4	8700	9,93	0,70	1,69	1,13

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
ХТЗ-150К-09	121,3	8005	9,47	0,72	1,55	1,03
ХТЗ-17221	121,3	8980	8,44	0,72	1,60	1,07
ХТЗ-16131	118,0	8260	9,88	0,71	1,62	1,08
РУП «Минский тракторный завод» (МТЗь)						
МТЗ-2022ДВ	199,1	11500	11,00	0,67	2,63	1,75
МТЗ-2522ДВ	176,0	11100	11,00	0,69	2,43	1,62
МТЗ-2022	148,6	9000	10,08	0,75	1,88	1,25
МТЗ-1523	108,3	5500	11,00	0,79	1,34	0,89
МТЗ-1221	90,4	4640	11,00	0,81	1,20	0,80
МТЗ-1222	90,4	5000	11,00	0,79	1,32	0,88
МТЗ-1021	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
МТЗ 1025	74,0	4295	10,30	0,83	1,01	0,67
МТЗ-952	62,2	3920	9,55	0,85	0,89	0,60
МТЗ-950	62,2	3720	10,06	0,85	0,88	0,59
МТЗ-923	62,2	4500	8,32	0.842	0,93	0,62
РУП «Минский тракторный завод» (МТЗ)						
МТЗ-922	62,2	4400	8,51	0,843	0,92	0,61
МТЗ-920	57,4	3920	8,82	0,851	0,84	0,56
МТЗ-900	57,4	3720	9,53	0,858	0,79	0,53
МТЗ-820	57,4	3900	8,86	0,85	0,85	0,57
МТЗ-800	57,4	3700	9,59	0,86	0,79	0,52
МТЗ-82Р	57,4	3870	8,93	0,85	0,85	0,57
МТЗ-82.1	57,4	3970	8,70	0,85	0,85	0,57
МТЗ-80Х	57,4	3870	9,17	0,86	0,80	0,53
МТЗ-592	44,0	3890	6,70	0,87	0,71	0,48
МТЗ-590	44,0	3680	7,39	0,87	0,66	0,44
МТЗ-521	44,0	3670	7,22	0,87	0,70	0,47
МТЗ-520	44,0	3430	7,72	0,869	0,69	0,46
МТЗ 552	40,3	3890	6,22	0,87	0,67	0,45
МТЗ-550	40,3	3680	6,75	0,88	0,62	0,41
МТЗ-532	40,3	3410	7,09	0,87	0,65	0,43
МТЗ-530	40,3	3200	7,76	0,879	0,60	0,40
МТЗ-512	40,3	3640	6,82	0,878	0,62	0,41
МТЗ-510	40,3	3430	7,24	0,879	0,61	0,41
МТЗ-320Р	24,6	1670	9,39	0,90	0,40	0,27

Продолжение табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
МТЗ-310	24,6	1670	9,64	0,90	0,38	0,25
МТЗ-321	24,6	1250	11,00	0,90	0,36	0,24
ГП «Южмаш» (Украина)						
ЮМЗ-10280	73,5	4914	8,20	0,84	0,99	0,66
ЮМЗ-8085	59,0	4130	8,04	0,86	0,78	0,52
ЮМЗ-8285	59,0	4370	7,40	0,85	0,84	0,56
ЮМЗ-60АКЛ	44,5	4000	6,50	0,88	0,63	0,42
ЮМЗ-62АКЛ	44,5	4200	6,50	0,87	0,66	0,44
Фирма «John Deer»						
JD 9520	331,0	16500	11,00	0,57	3,29	2,19
JD 9420	312,0	16500	11,00	0,58	3,20	2,13
JD 9320	276,0	16500	11,00	0,61	2,98	1,99
JD 8430	225,0	12950	11,00	0,67	2,75	1,83
JD 8330	206,0	12950	10,80	0,68	2,06	1,37
JD 7930	162,5	8730	11,00	0,73	2,09	1,39
JD 7830	150,7	8600	11,00	0,74	1,98	1,32
JD 6730	138,0	8550	11,00	0,76	1,85	1,23
JD 7810	110,3	6415	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6920	110,0	6460	11,00	0,79	1,57	1,05
JD 6120	59,0	4560	8,67	0,86	0,98	0,66
Фирма «Buhler»						
Buhler-435	324,0	149502	11,00	0,59	3,37	2,25
Versotile-2375	275,0	12860	11,00	0,62	3,02	2,01
Фирма «Case New Holland»						
Case STX 530	395,0	22045	11,00	0,53	3,84	2,56
Case STX 430	321,0	21065	10,37	0,60	3,59	2,39
Case STX 380	283,0	18615	10,34	0,60	3,20	2,13
Case T8040	223,0	10200	11,00	0,67	2,57	1,71
Case NH MAG 305	190,0	14770	8,75	0,70	2,62	1,75
Case NH MAG 275	168,0	147,7	8,48	0,72	2,45	1,63
Case NH MAG 245	149,0	12000	8,48	0,74	2,20	1,47
Case IH 180 Puma	134,0	7540	11,00	0,78	1,79	1,19

Окончание табл. П. 3.2

1	2	3	4	5	6	7
Case NH MAG 215	131,0	12000	7,43	0,76	2,05	1,37
Фирма «Fendt»						
Fendt 930 Vario	221,0	9840	11,00	0,67	2,61	1,74
Fendt 926 Vario	199,0	9680	11,00	0,69	2,46	1,64
Fendt 924 Vario	176,0	9680	11,00	0,71	2,28	1,52
Fendt 920 Vario	154,0	9620	10,88	0,73	2,08	1,39
Fendt 916 Vario	132,0	9620	9,33	0,75	1,92	1,28
Фирма «McCoormick»						
McCorm XTX 215	143,0	8000	11,00	0,75	1,91	1,27
Фирма «Same Deut Fahr»						
Deutz Agr Fahr 165	125,0	7070	11,00	0,77	1,72	1,15
Фирма «Valtra»						
Valtra T 190	139,0	5950	11,00	0,76	1,84	1,23
Valtra T 170	125,0	5950	11,00	0,77	1,73	1,15
«Valtra T 161	118,0	5950	11,00	0,78	1,67	1,11

Приложение 4

Таблица П. 4.1

Примерные нормы выработки и расхода топлива на основные полевые работы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Количество СХМ	Сменная норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Снего-задержание	К-701	СВУ-2,6	2	130,2	1,2
	К-700	СВУ-2,6	2	107,8	1,1
	Т-4А	СВУ-2,6	2	94,5	1,2
	Т-150	СВУ-2,6	1	70	1,1
	ДТ-75М	СВУ-2,6	1	65,1	1,2
Лущение стерни и дискование	К-744	БДТ-6,6	1	28,0	9,0
		ЛДГ-15	1	62,0	3,8
	К-701	ЛДГ-20	1	84,3	3,3
		БД-10	1	48,4	5,5
		БДТ-7,0	1	37,0	7,2
		БДТ-720	1	23,6	7,1

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	К-700А	ЛДГ-20	1	75,9	2,9
		БД-10	1	46,5	4,5
		БДТ-7,0	1	34,4	6,3
	Т-150К Т-150	ЛДГ-15	1	74,0	2,3
		ЛДГ-10	1	54,2	2,5
		БДТ-7	1	23,1	5,3
	Т-4А	ЛДГ-15	1	58,3	2,5
		БД-10	1	41,1	3,8
		БДТ-7,0	1	31,8	4,6
		ЛДГ-10	1	45,8	1,7
	ДТ-75М	ЛДГ-10	1	40,8	2,7
		БД-4,1	1	19,9	4,8
		БДТ-2,5	1	13,0	7,3
	МТЗ-1221	ЛДГ-10	1	44,1	4,5
	МТЗ-82.1	ЛДГ-5	1	27,0	3,1
	ВТ-200Д	БДТ-7,0	1	36,75	5,83
	ВТ-150	ЛДГ-10	1	51,45	2,9
Вспашка	К-3180	ПРУН-5-45	1	8,12	20,58
	К-744Р, Р1, Р2, Р3	ПБС-7/9.9	1	22,68	12,59
		ПН-8-35	1	10,3	23
		ПРУН-8-45	1	18,7	12,1
	К-701	ПРУН-8-45	1	17,4	12,0
		ПТК-9-35	1	11,5	27,0
	К-700А	ПН-8-35	1	7,4	30,2
		Lemken Vari Diamant 9X	1	15,7	15,3
	Т-150К	ПРУН-5-45	1	8,3	20,1
		ПЛН-5-35	1	8,2	24,3
	ВТ-200Д	ПБС-7/9.9	1	22,68	9,44
	ВТ-150	ПЛН-4-35	1	8,4	18,7
		ПЛН-5-40	1	6,4	16,4
	ДТ-75М	П-5-35	1	6,3	17,7
		ПН-4-35	1	4,9	23,0
	МТЗ-1221	ПЛН-5-35	1	7,9	21,6
		ПРУН-5-45	1	9,5	12,0
	МТЗ-82.1	ПЛН-3-35	1	3,2	29,1
	Т-4А	ПП-6-35	1	7,2	21,3
Боронование	К-701	БИГ-3	5	78,3	3,3
	К-700А	БИГ-3	5	78,3	2,9
	Т-150	БЗСС-1,0	21	99,3	1,2
		БЗТС-1,0	21	99,3	1,5
		БИГ-3	4	63,8	2,5

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	ВТ-100	БЗСС-1,0	21	71,0	1,33
	Т-4А	ЗБЗС-1,0	18×2	62,7	1,9
	ДТ-75М	ЗБЗС-1,0	24	85,4	1,1
		БЗТС-1,0	21	78,0	1,3
		БЗСС-1,0	21	85,0	1,1
	МТЗ-1221	БЗСС-1,0	18	75,5	2,0
	МТЗ-82.1	БЗТС-1,0	12	52,0	1,7
		БЗСС-1,0	16	73,6	1,2
			12	62,9	1,3
Культивация	К-744	КПС-4	4	82,0	4,3
	К-701	КПС-4	4	74,7	3,9
	К-700А	КПС-4	4	68,4	3,0
			3	55,0	3,5
	ХТЗ-16131	КШУ-12	1	68,9	2,1
		Pegasus 4002	1	18,9	8,56
		ККШ-11,3	1	52,43	3,09
		КПИР-6,8	1	31,64	5,12
	Т-150К и Т-150	КПС-4	3	55,0	2,9
		КПС-4	2	39,1	3,1
	ВТ-150	КПС-4	2	44,4	3,2
	ВТ-100	КШУ-12	1	50,4	2,2
		КПС-4	2	39,5	3,7
		ОП-8	1	36,8	3,2
	Т-4А	КПС-4	4	58,0	2,3
			3	50,2	2,7
	ДТ-75М	КПС-4	2	34,2	2,9
	МТЗ-2022	КШУ-12	1	57,5	2,4
	МТЗ-1221	КПС-4	2	36,5	3,8
		ОПО-4,25	1	16,8	11,7
	К-3180	Pegasus 4002	1	18,9	8,78
		КПИР-6,8	1	31,64	5,25
		ККШ-11,3	1	52,43	3,4
	МТЗ-82.1	КПГ-4	1	20,1	4,2
		КПС-4	1	22,4	4,0
		КПН-4Г	1	17,2	4,6
Посев кукурузы, подсолнечника	МТЗ-82.1	СКНК-8	1	16,0	2,4
		СПЧ-6	1	11,0	3,3
		СУПН-8	1	17,4	3,0
	Т-150К	СКПП-12	1	31,5	2,7
	ДТ-75М	СПЧ-6М	3	27,8	2,3
Посев зерновых	К-744	ЭРА-П-10	1	44,1	6,48
		ПК-8,5	1	45,0	8,0

Продолжение табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
	К-701	СЗ-3,6	4	41,5	4,1
Посев зерновых	К-700А	СЗ-3,6	4	34,0	3,1
			3	30,0	3,3
		СЗП-3,6	4	33,0	3,5
			3	29,0	3,7
	ВТ-150	СЗП-3,6	3	50,4	2,0
			4	71,2	1,6
	ВТ-100	СЗП-3,6	3	46,2	2,3
			4	57,2	1,7
	Т-4А	СЗ-3,6	4	32,0	2,3
			3	28,0	2,6
		СЗП-3,6	4	29,5	2,7
			3	27	2,9
	Т-150К и Т-150, ХТЗ-150К-09	АУП-18	2	34,2	3,5
		СЗ-3,6	4	34	3,0
			3	30,5	3,0
		СЗП-3,6	4	31,5	3,3
			3	29,0	2,2
		DMC-601	1	19,6	7,1
	ДТ-75М	СЗ-3,6	4	28,0	2,5
			3	26,0	2,7
		СЗП-3,6	3	23,5	3,2
			2	19,5	2,7
	МТЗ-1221	АУП-18.05	1	21	9,3
		СС-6,0А	1	18,4	4,8
	МТЗ-82	СПУ-6	1	19,5	3,4
	JD 7810	DMC-601	1	26,46	6,75
	ХТЗ-16131	DMC-601	1	26,46	6,12
	К-3180	DMC-601	1	26,46	6,25
	ВТ-200Д	ЭРА-П-10	1	44,1	4,86
Прикатывание почвы	Т-150К	3ККШ-6А	3÷2	111,3	1,2
			2÷3	93,3	1,3
	МТЗ-1221	3КК-3,0	6	80,0	2,1
	МТЗ-82.1	3ККШ-6А	2÷1	71,0	1,2
			2	61,5	1,5
		3КВГ-1,4	2	36,6	2,4
Прикатывание почвы	ДТ-75М	3ККШ-6А	3	76,9	1,2
			2	60,4	1,6
		ККН-2,8	6	79,9	1,2
			5	76,7	1,3
		3КБЗ-1,5	3	56,3	1,8
			2	47,7	2,2

Окончание табл. П. 4.1

1	2	3	4	5	6
		3КВГ-1,4	3	51,5	1,9
			2	42,8	2,3
			2	58,4	1,2
			1	32,6	1,4
		ККН-2,8	5	58,6	1,1
			4	57,7	1,2
		СКГ-2	1	29,9	2,2
Междурядная обработка	МТЗ-82.1	КРН-5,6	1	24,9	2,4

Таблица П.4.2

Примерные нормы выработки и расхода топлива на погрузка зерна

Марка трактора	Марка погрузчика	Производительность, т/ч	Удельный расход топлива, кг/т
МТЗ-1221	ПЗН-200	200	0,03
МТЗ-82.1	ПЗП-150	150	0,03
	ЗН-200/2	100	0,02
	ПТШ-150	150	0,03
Нет	ПЗП-10(40)	10(40)	-
Нет	ПЗ-100	130	-
Нет	ППЗ-11	11	-
Нет	ПШП-4(7)	4(7)	-

Таблица П.4.3

Примерные нормы выработки и расхода топлива на заготовку кормов

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Кошение трав	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КРН-2,1	2,5-5,0	10,8	4,1
			>5,0	10,5	4,1
		КТП-6	2,5-3,0	16,8	2,5
			>3,5	15,0	2,8
		КС-2,1	2,5-3,0	7,6	5,2
			>3,5	6,9	5,5
		КПИ-2,4	2,5-5,0	7,3	9,0
			5,0-10,0	5,8	10,7
			10,0-15,0	4,5	13,1
			15,0-20,0	3,5	16,1
			>22	2,8	19,2
		КИР-1,5Б	до 5,0	5,1	12,0
			5,0-10,0	4,8	12,5

Продолжение табл. П. 4.3

1	2	3	4	5	6
			15,0-25,0	3,5	16,0
			30,0-40,0	2,0	27,0
		КС-1,8	2,5-5,0	6,3	8,8
			5,0-10,0	5,4	10,1
			10,0-20,0	4,0	12,1
			>22,0	3,4	13,6
		КСК-100	до 10	14,0	8,0
			10,0-20,0	7,4	12,6
			>22,0	5,1	17,2
	Т-150К	КПКУ-75	2,5-5,0	10,6	10,0
			5,0-10,0	7,0	14,2
			10,0-20,0	4,1	20,4
			22,0	3,1	24,8
Крошение трав с плющением	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КПС-5Г	2,5-5,0	17,3	3,4
			5,0-10,0	15,9	3,7
			10,0-20,0	13,4	4,4
			20,0-30,0	10,6	5,5
			30,0-40,0	7,7	7,5
			40,0-50,0	6,1	9,4
		КПРН-3	1,0-2,0	15,2	3,4
			2,0-3,0	13,3	3,8
			>3,5	12,8	3,9
		КПВ-3	1,0-2,0	10,4	4,8
			2,0-3,0	8,9	5,5
			>3,5	7,7	6,2
Ворошение и сгребание	МТЗ-82.1	КР-420	Незав. от влажн.	19,2	1,9
		ГВК-6		25.6	1,2
Подбор валков с измельчением		КСК-100	5,0-10,0	13,7	6,7
			10,0-20,0	7,8	10,9
			>22,0	5,4	15,0
	МТЗ-82.1	КС-1,8	2,5-5,0	12,0	4,3
			5,0-10,0	8,7	5,4
			10,0-15,0	4,1	10,2
Стогование	Т-150К	СПТ-60	1,0-2,0	18,5	4,8
			3,0-4,0	11,6	8,6
			4,0-5,0	7,4	15,0
			>5,0	5,2	18,5
Прессование сена	МТЗ-82.1, МТЗ-826	ПС-1,6	1,0-2,0	15,3	2,9
			3,0-4,0	8,4	5,3
			4,0-5,0	6,2	7,3
			>5,0	4,7	9,6

Окончание табл. П. 4.3

1	2	3	4	5	6
		ПРП-1.6	1,0-2,0	15,4	3,2
			3,0-4,0	7,3	6,3
			4,0-5,0	5,4	8,5
			>5,0	4,1	11,2

Таблица П.4.4

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку зерновых

Наименование операции	Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива кг/га
1	2	3	4	5	6
1. Прямое комбайнирование					
Без измельчения соломы	СК-5	ХС-6М	до 1,5	13,8	6,4
			1,5-2,0	11,7	7,2
			2,0-3,0	9,7	8,1
	СКД-6 Енисей-1200		до 1,5	15,3	5,9
			1,5-2,0	14,0	6,3
			2,0-3,0	10,6	7,7
	Дон-1500		до 1,5	24,1	6,3
			1,5-2,0	20,0	7,3
			2,0-3,0	15,9	8,8
	Вектор 410		до 1,5	15,6	8,0
			1,5-2,0	14,2	8,5
			2,0-3,0	12,7	9,8
С измельчением соломы	СК-5	ХС-5-1200 ПУН-5	до 1,5	12,8	7,9
			1,5-2,0	11,6	8,5
			2,0-3,0	9,1	10,4
	СКД-6 Енисей-1200	ХС-5-1200 ПУН-6	до 1,5	14,2	7,2
			1,5-2,0	12,1	8,3
			2,0-3,0	10,2	9,6
	Дон-1500	ХС-7-1200 ПНК-1500	до 1,5	22,3	7,6
			1,5-2,0	18,2	8,9
			2,0-3,0	14,5	10,6
	Вектор 410		до 1,5	15,6	9,2
			1,5-2,0	14,2	10,0
			2,0-3,0	12,7	11,1
2. Скашивание в валки					
	СК-5	ЖВН-6А	-	15,7	6,1
		ЖНС-6-12	-	21,3	3,4
		ЖВН-10	-	30,5	2,5
	СК-6	ЖВН-6А	-	21,1	3,6

Окончание табл. П. 4.4

1	2	3	4	5	6
3.1. Подбор и обмолот валков без измельчения соломы					
а) после ЖНС-6-12	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	29,1	5,1
			1,8-2,2	24,4	5,9
			2,2-3,0	21,2	6,8
	СК-5		1,4-1,8	17,6	4,7
			1,8-2,2	15,0	5,3
			2,2-3,0	13,4	5,9
б) после ЖВН-6А	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	12,5	9,3
			1,8-2,2	11,6	9,9
			2,2-3,0	10,7	10,8
	СК-5		1,4-1,8	19,4	8,2
			1,8-2,2	18,3	8,6
			2,2-2,6	17,2	9,1
			2,6-3,4	16,1	9,6
в) после ЖВН-10	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	27,2	5,8
			1,8-2,2	24,0	6,3
			2,2-2,6	21,2	6,9
			2,6-3,4	18,3	7,9
	СК-5	ППТ-3А	1,4-1,8	205	4,6
			1,8-2,2	18,0	5,1
			2,2-2,6	16,0	5,7
			2,6-3,4	13,2	6,7
3.2. Подбор и обмолот валков с измельчением соломы					
а) после ЖВН-10	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,7
			1,8-2,2	14,0	6,7
			2,2-2,6	12,6	7,3
			2,6-3,4	10,1	9,2
б) после ЖВН-6-12	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	16,4	5,4
			1,8-2,2	15,0	5,8
			2,6-3,4	10,5	7,5
в) после ЖВН-6А	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,8
			1,8-2,2	14,4	7,0
			2,2-2,6	12,8	7,8
			2,6-3,4	10,2	9,1

Таблица П.4.5

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку подсолнечника

Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1. Прямое комбайнирование без измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,8	7,6
		12-18	11,2	8,2
		18-24	9,7	8,9
		24-30	8,4	10
		30-36	7,4	11
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	17	8,2
		12-18	15,3	8,9
		18-24	13,7	9,7
		24-30	12	10,7
		30-36	10,6	11,8
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	17	7,8
		12-18	15,2	8,5
		18-24	13,6	9,3
		24-30	12	10,3
		30-36	10,6	11,5
2. Прямое комбайнирование с измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,2	8,8
		12-18	10,6	9,5
		18-24	9,0	10,5
		24-30	8,0	11,6
		30-36	6,8	12,8
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	16,0	9,5
		12-18	14,0	10,4
		18-24	12,3	11,3
		24-30	10,7	12,6
		30-36	9,5	14,0
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	16,0	9,3
		12-18	14,0	10,2
		18-24	12,3	11,1
		24-30	10,7	12,4
		30-36	9,5	13,6

Таблица П.4.6

Скирдование сена и соломы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Масса скир-ды, т	Норма выработки, т	Расход топ-лива, кг/га
Скирдование сена	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	26,0	1,14
		СНУ-0,5	6-10	26,0	1,1
		ПФ-0,5	10-20	30,0	1,0
Скирдование соломы	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	21,0	1,2
		СНУ-0,5	6-10	21,0	1,0
		ПФ-0,5	10-20	23,0	1,1

Таблица П.4.7

Сволакивание соломы

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
После жаток ЖВН-6				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	113	0,6
		17,5-22,5	85	0,8
		22,5-30,0	75	1,0
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	107	0,6
		17,5-22,5	82	0,7
		22,5-30,0	70	0,8
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	86	0,5
		17,5-22,5	70	0,6
		22,5-30,0	53	0,8
После жаток ЖВН-10				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	95	0,7
		17,5-22,5	70	1,0
		22,5-30,0	58	1,2
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	89	0,5
		17,5-22,5	68	0,8
		22,5-30,0	56	1,0
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	77	0,5
		17,5-22,5	58	0,7
		22,5-30,0	43	0,9
		30,0-40,0	36	1,2

Таблица П.4.8

Уборка силосных культур

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
	КСК-100	до 10	13,8	8,2
		10,0-20,0	11,8	9,8
		20,0-30,0	9,0	10,7
		30,0-40,0	7,5	12,1
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПКУ-75	до 10	9,7	10,5
		10,0-20,0	7,1	13,5
		20,0-30,0	5,4	16,7
		30,0-40,0	4,1	20,3
	СС-2,6	до 10	9,8	11,6
		10,0-20,0	8,1	13,0
		20,0-30,0	6,8	14,6
		30,0-40,0	5,7	16,2
	КС-2,6	до 10	9,8	9,6
		10,0-20,0	8,1	10,5
		20,0-30,0	6,9	11,7
		30,0-40,0	5,7	13,2
ДТ-75М	КСС-2,6	до 10	9,0	10,8
		10,0-20,0	6,7	12,2
		20,0-30,0	5,2	13,9
		30,0-40,0	4,7	14,6
	КС-2,6	до 10	9,0	9,0
		10,0-20,0	6,7	10,2
		20,0-30,0	5,2	11,6
		30,0-40,0	4,2	13,7
МТЗ-82.1	СС-2,6	до 10	8,7	9,1
		10,0-20,0	6,6	9,9
		20,0-30,0	5,0	11,6
	КС-2,6	до 10	8,7	8,4
		10,0-20,0	6,6	8,6
		20,0-30,0	5,0	10,1
	КС-1,8	до 10	6,1	9,6
		10,0-20,0	4,9	11,0
		20,0-30,0	3,8	12,7
		30,0-40,0	2,9	16,0

Таблица П.4.9

Внесение минеральных удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701, К-744	РУМ-16	<2,0	99,0	2,51
		2,1-4,0	89,5	2,67
К-700	РУП-8	<2,0	47,7	2,95
		2,1-4,0	42,9	3,21
Т-150К, ХТЗ-150К-09	РУМ-8	<2,0	72,4	1,67
		2,1-4,0	61,9	1,88
	РУП-8	<2,0	47,2	2,25
		2,1-4,0	42,3	2,45
МТЗ-1221	МВУ-5	<2,0	79,1	1,3
		2,1-4,0	63,8	1,6
МТЗ-82.1	РУМ-5	<2,0	51,6	1,37
		2,1-4,0	43,8	1,65
		2,1-4,0	38,4	1,35
	1-РМГ-4	<2,0	24,2	2,36
		2,1-4,0	22,7	2,69
	НРУ-0,5	<2,0	47,2	0,86
	РСМ-6	2,1-4,0	42,3	0,90
Т-40	НРУ-0,5	<2,0	34,9	0,79
	РСМ-6	2,1-4,0	32,1	0,81

Таблица П.4.10

Внесение органических удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701	ПРТ-16	31-50	114,0	1,31
	ПРТ-10	31-50	92,1	1,46
	КСО-9	31-50	86,9	1,57
К-700А	ПРТ-10	31-50	87,4	1,26
	ПРТ-16	31-50	106,0	1,15
	КСО-9	31-50	81,6	1,38
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПРТ-10	31-50	82,1	1,09
	КСО-9	31-50	78,0	1,14
ДТ-75М	РОУ-5	31-50	28,4	2,39
	1-ПТУ-4	31-50	23,1	2,89
	РПН-4	33-37	4,9	8,94
		38-45	4,3	10,00
МТЗ-82.1	РТО-4	31-50	34,9	1,81
	РОУ-5	31-50	41,7	1,58
	1-ПТУ-4	31-50	34,9	1,79
	РПН-4	33-37	4,8	9,57
		38-45	4,1	11,02

Таблица П.4.11

Очистка зерна

Марка машины	Производительность, т/ч	Мощность, кВт
МЗС-10(20)	10(20)	1,5(3)
ЗМ-20	20	6,2
МЗУ-50	50	13,2
ЗАП-25	25	20,6
СМ-4	0,5	6
ЗАВ-20У	25	29,7
ЗАВ-40У	40	43,4

Приложение 5
Таблица П.5.1

Трудоемкость технических обслуживаний, ремонтов, устранения неисправности и хранения тракторов

Марка трактора	Трудоемкость, чел-ч.								
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СТО	ТР	КР	Устранение неисправностей	Хранение
Т-130	0,85	3,15	8,88	22,06	8,34	221	49,6	183	24,5
Т-170М	1,06	3,95	11	28	10,4	276	62	230	30,5
Т-4А, Т-4М	0,76	3,74	6,77	20,36	8,34	193	58,7	160	21,7
Т-250	0,85	3,15	8,88	22,06	8,34	221	49,6	183	24,5
Т-150	0,69	3,79	7,98	26,8	5,06	189	54,2	155	20,8
ДТ-175М	0,7	3,86	8,1	19,63	6,1	216	68,9	165	21
ДТ-75М	0,67	3,14	6,98	16,73	9	126	35,3	105	19,6
Т-150К, ХТЗ-150К-09	0,93	3,15	8,72	26,69	4,59	198	53,4	164	19,2
Т-40АМ	0,47	1,64	5,12	12,8	2,39	76	20,4	63	17,2
Т-25А Т-30А	0,38	1,88	3,44	9,54	1,47	69	15,7	49	14,2
К-700А	0,88	3,28	8,21	17,3	13,6	277	60,7	230	26,5
К-701М	0,88	3,28	8,21	17,3	13,6	277	63,3	230	26,5
К-744	0,82	3,3	7,8	18,2	13,2	250	63,3	190	26,5
К-20	0,39	1,93	3,52	9,8	1,5	60	16,1	50	14,5
ЮМЗ-6Л (ЮМЗ-6М)	0,57	1,7	4,89	15,84	6,01	87	13,4	72	19
ЛТЗ-55 (ЛТЗ-55А)	0,65	2,15	6,36	15,42	2,64	96	21,3	92	17,2
ЛТЗ-60АВ	0,68	2,2	6,4	16,2	2,8	98	23,2	93,2	18,1
ЛТЗ-85	0,7	2,35	7,2	18,4	2,95	102	38	108	18,4
ЛТЗ-155	0,78	2,85	8,1	21,5	3,7	132	44	142	18,8
МТЗ-80	0,74	2,38	5,54	16,62	2,78	93	14,8	77	15,2
МТЗ-82	0,74	2,38	5,68	15,99	3,58	102	18	85	15,2
МТЗ-100	0,76	2,47	6,38	15,33	2,04	111	19,4	92	16,4
МТЗ-102	0,76	2,47	6,48	15,58	2,84	120	23,2	100	16,4
МТЗ-1221	0,72	2,84	4,76	8,89	1,35	111	22,0	159	16,8
Т-16МГ	0,39	1,68	4,08	9,34	1,74	55	14,6	46	14,2

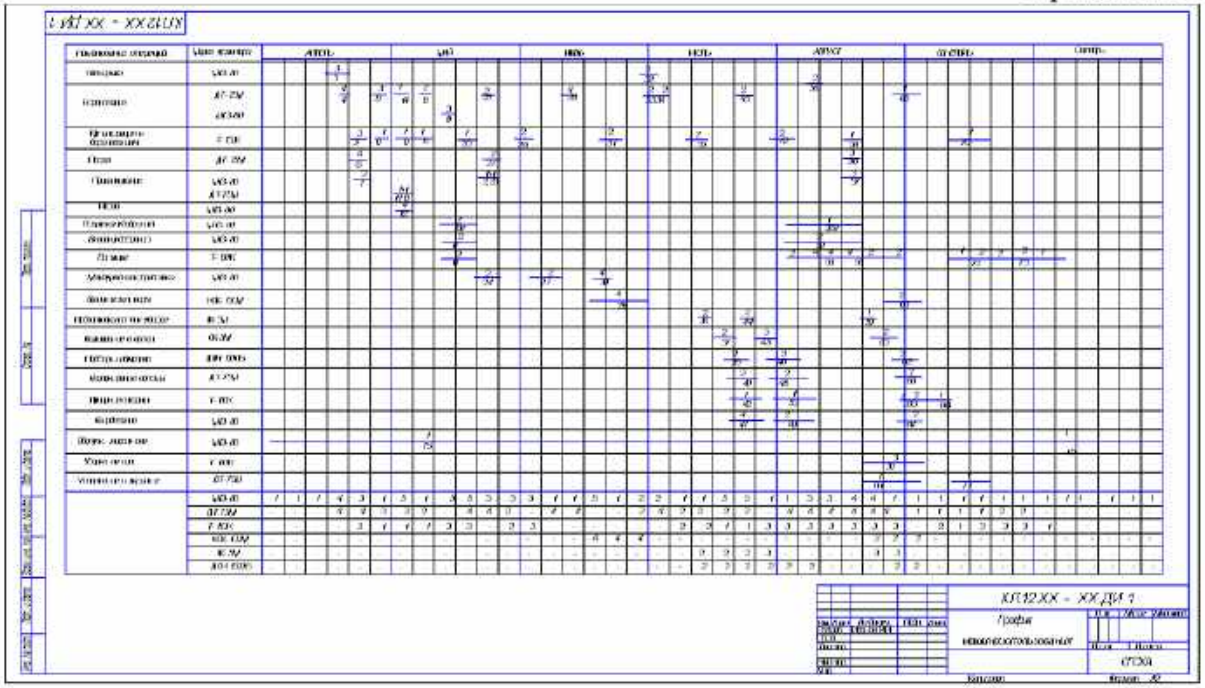


Рис. П.6.1 График машиноиспользования (таблично-линейный график)

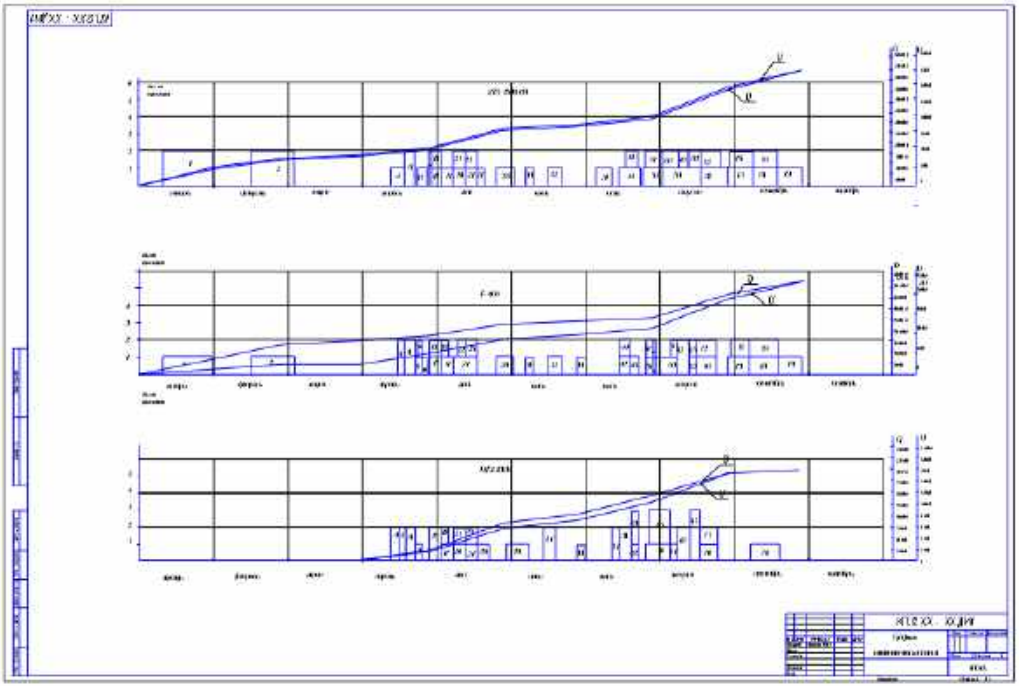


Рис. П.6.2. Графики машиноиспользованная (диаграмма)

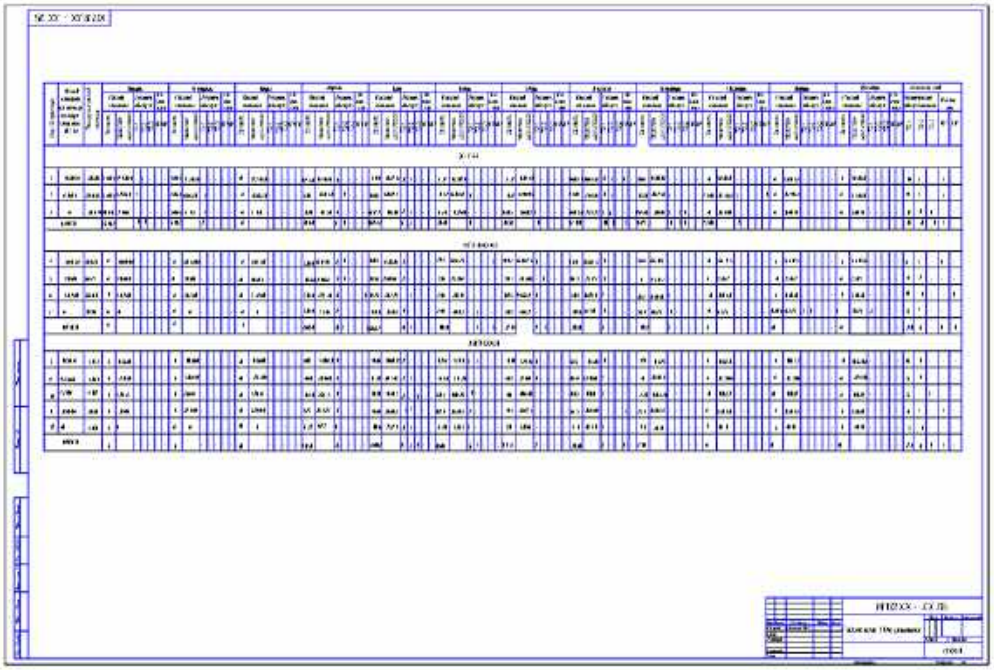


Рис П.6.3. План-график ТО и ремонтов тракторов (табличная форма).

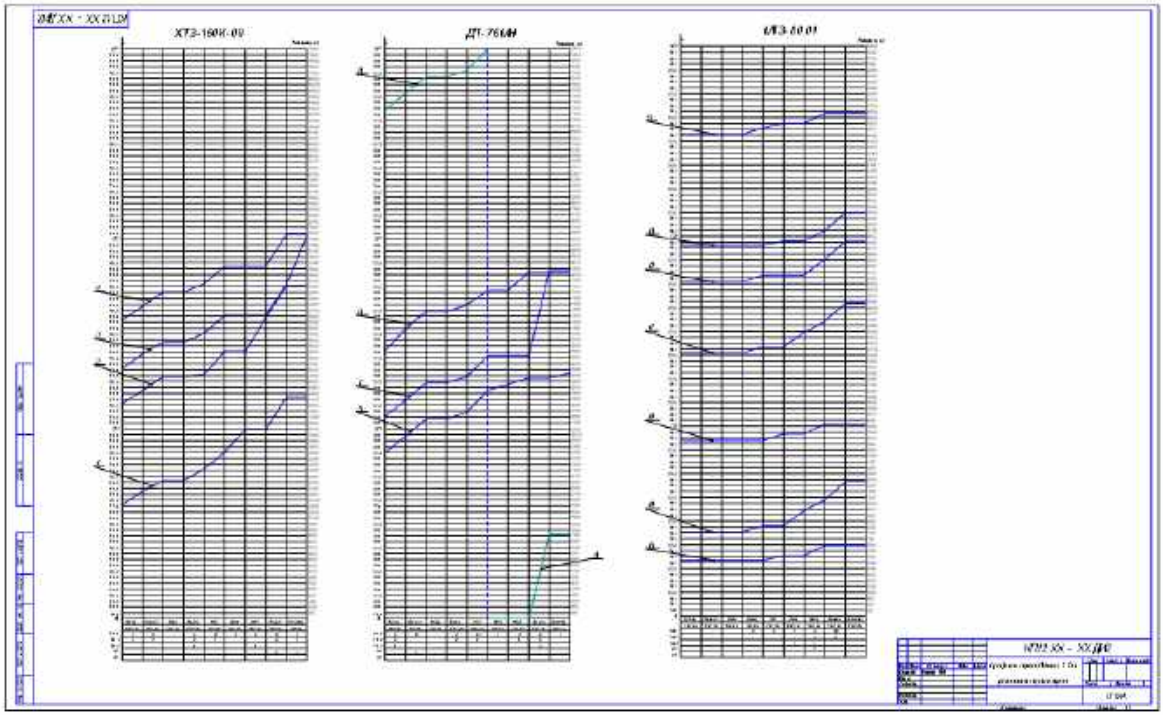


Рис П.6.4. График ТО и ремонтов тракторов

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ 3

1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ 4

2. РАЗРАБОТКА ПЛАНА МЕХАНИЗИРОВАННЫХ РАБОТ .. 8

3. РАСЧЕТ СОСТАВА МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА 12

4. РАЗРАБОТКА ГОДОВОГО ПЛАНА ТЕХНИЧЕСКИХ ОБСЛУЖИВАНИЙ И РЕМОНТОВ МТП 23

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ .. 34

6. ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ 35

7. ПОДГОТОВКА К ЗАЩИТЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ И КРИТЕРИИ ВЫСТАВЛЕНИЯ ОЦЕНКИ 36

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА 39

ПРИЛОЖЕНИЯ 40

Учебное издание

Составители:

Кузнецов Сергей Александрович
Сазонов Дмитрий Сергеевич
Ерзамаев Максим Павлович
Янзин Владимир Михайлович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ МАШИНО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Методические указания для выполнения курсовой работы

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 30.05.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,84; печ. л. 4,13.
Тираж 50. Заказ № 167.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, С. А. Кузнецов, В. М. Янзин

ОСНОВЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 629.113.004 (075)
ББК 40.752.я.73
С14

Сазонов, Д. С.

С14 Основы эксплуатации машин и технологического оборудования : методические указания / Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев, С. А. Кузнецов, В. М. Янзин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 88 с.

Методические указания содержат описание практических занятий по основным разделам курса «Основы эксплуатации машин и технологического оборудования». Основное внимание уделено эксплуатации технологического и диагностического оборудования при выполнении диагностирования, технического обслуживания и ремонта машин и технологического оборудования.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П.
Кузнецов С. А., Янзин В. М., 2020

Предисловие

Настоящие методические указания посвящены вопросам изучения основ эксплуатации машин и технологического оборудования. В учебном издании уделено внимание расчету состава агрегата и разработке операционно-технологической карты на технологическую операцию, а так же назначению и правилам эксплуатации технологического оборудования, применяемого при диагностировании и техническом обслуживании машин.

Методические указания содержат методики расчета состава агрегата, эксплуатационных затрат и расчета операционно-технологической карты. Особое внимание уделено технологическому оборудованию.

В издании представлены необходимые рекомендации и значительный справочный и материал по современной сельскохозяйственной техники, что позволяет практически без привлечения дополнительных источников выполнять задания.

Цель издания «Основы эксплуатации машин и технологического оборудования» – формирование у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использование сельскохозяйственной техники и технологического оборудования для производства и первичной переработки продукции растениеводства и животноводства на предприятиях различных организационно-правовых форм; по обеспечению высокой работоспособности и сохранности машин, механизмов и технологического оборудования.

Издание предназначено для обучающихся очной и заочной формы обучения по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», а так же для инженерно-технических работников АПК.

Занятие 1. Анализ тяговых свойств трактора

Цель занятия: овладеть методикой определения сил сопротивления, действующих на трактор, а так же мощностей, требуемых для преодоления этих сил сопротивления при установившейся рабочей скорости.

Задание. Рассчитаете касательную силу тяги, силы сопротивления движению и составляющие мощностного баланса трактора по индивидуальному заданию.

Тяговый баланс трактора определяет собой равенство между движущей силой и суммой сил сопротивления, действующих на трактор.

Баланс мощности представляет собой равенство между эффективной мощностью на валу двигателя и суммой мощностей, требуемых для преодоления действующих на трактор сил сопротивления.

Рабочая скорость трактора при выполнении им технологической операции должна соответствовать агротехническим требованиям на проведение данной операции (прил. 1). Так как скорость трактора зависит от выбранной передачи, то по приложению 2 необходимо подобрать рабочие передачи (основную и запасную) для трактора, которые обеспечат движение агрегата в указанном диапазоне скоростей V_T.

Для выбранных скоростей V_T необходимо определить передаточное число трансмиссии трактора i_T (прил. 2).

Определить касательную силу P_K тяги на движителях трактора, которая возникает в результате работы двигателя трактора, момент которого через трансмиссию передается на движители

$$P_K = \frac{9554 \cdot N_{eH} \cdot i_T \cdot \eta_{MT}}{r_K \cdot n_H}, \text{ Н},$$

где N_{eH} – номинальная мощность двигателя, кВт (прил. 3).;

i_T – передаточное отношение трансмиссии на выбранной передаче;

n_H – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя (прил. 3), об/мин;

η_{MT} – механический КПД трансмиссии.

- для колесных тракторов $\eta_{МГ} = 0{,}91...0{,}92$.

- для гусеничных $\eta_{МГ} = 0{,}86...0{,}88$.

$r_К$ – радиус качения ведущих колес или звездочки, м;

Для гусеничных тракторов: $r_К = r_0$;

Для колесных тракторов:

$$r_К = r_0 + \lambda \cdot h;$$

r_0 – радиус обода или начальной окружности звездочки (прил. 3), м;

λ – коэффициент усадки шины равный 0,75-0,80;

h – высота пневматической шины (прил. 3), м.

Рассчитать максимальную силу сцепления F_{max} движителей трактора с почвой на заданных агрофонах:

$$F_{max} = \mu \cdot G_{СЦ}, \text{ Н},$$

где μ – коэффициент сцепления движителей с почвой (прил. 4);

$G_{СЦ}$ – сила сцепного веса трактора, Н.

С достаточной для практических расчетов точностью можно принять для гусеничных и полноприводных тракторов сцепной вес равным весу трактора (прил. 3) $G_{СЦ} = G_{ТР}$. Для колесных тракторов с одной ведущей осью сцепной вес равен $G_{СЦ} = 0{,}66...0{,}75 G_{ТР}$.

Величина коэффициентов сцепления зависит от типа почвы и ее состояния (рыхлая или плотная), влажности почвы, наличия растительного покрова, а также от типа ходовой части трактора (гусеничная или колесная модификация).

Выбрать движущую силу трактора $P_{ДВ}$ на каждой передаче и агротехническом фоне, которая создается двигателем трактора. Движущая сила ограничена двумя независимыми друг от друга пределами. Первый предел движущей силы определяется величиной касательного усилия развиваемого на ободе ведущего колеса. Вторым пределом движущей силы может являться недостаточное сцепление ведущего аппарата трактора с почвой. Остановка трактора может произойти вследствие чрезмерного буксования движителей трактора. Учитывая, что движущая сила имеет два предела, для движения агрегата необходимо, чтобы максимальное усилие

по сцеплению и максимальное усилие, развиваемое на ободе ведущего колеса, были больше сил сопротивления.

Движущая сила $P_{ДВ}$ определяется путем сравнения касательной силы тяги P_K и максимальной силы сцепления F_{max}.

$$\text{если } P_K < F_{max}, \text{ то } P_{ДВ} = P_K.$$

$$\text{если } P_K > F_{max}, \text{ то } P_{ДВ} = F_{max}.$$

Определить силу сопротивления перекатыванию трактора $P_{КАЧ}$, которая направлена против движения и зависит от веса трактора, типа движителей (гусеничные или колесные), от вида и состояния почвы, по которой движется трактор. Сила сопротивления перекатыванию определяется на заданных агрофонах.

$$P_{КАЧ} = f \cdot G_{ТР}, \text{ Н},$$

где f – коэффициент сопротивления перекатыванию (прил. 4)

При движении машинно-тракторного агрегата в гору (подъем) или при спуске появляются дополнительные усилия от составляющих сил веса трактора и агрегатируемых машин. Эти дополнительные усилия оказывают сопротивление передвижению агрегата в гору и помогают ему при движении под уклон. Поэтому необходимо определить силу сопротивления движению трактора на подъём $P_{ПОД}$.

$$P_{ПОД} = i \cdot G_{ТР}, \text{ Н},$$

где i – величина уклона в долях единицы.

Определить тяговое (крюковое) усилие трактора $P_{КР}$

$$P_{КР} = P_{ДВ} - P_{КАЧ} - P_{ПОД}, \text{ Н}.$$

При недостаточном сцеплении $P_K > F_{max}$ необходимо определить усилие неиспользуемое по условиям сцепления $P_{НСЦ}$

$$P_{НСЦ} = P_K - F_{max}, \text{ Н}.$$

Определить рабочие скорости движения агрегата $V_Р$.

$$V_Р = V_Т \cdot \eta_\delta, \text{ км/ч},$$

где η_δ – коэффициент, учитывающий буксование движителей.

$$\eta_\delta = 1 - \frac{\delta}{100},$$

где δ – буксование (прил. 5).

Определить тяговую мощность $N_{КР}$ трактора, которая зависит от тягового усилия трактора и рабочей скорости его движения

$$N_{КР} = \frac{P_{КР} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить тяговый коэффициент полезного действия η_T трактора в заданных условиях

$$\eta_T = \frac{N_{КР}}{N_{eH}}.$$

Определить мощность, теряемую в трансмиссии $N_{ТР}$. Потери мощности в трансмиссии связаны с преодолением сил трения в подшипниках и между зубьями шестерен, а так же с взбалтыванием масла в картерах передач.

$$N_{ТР} = N_e(1-\eta_{МТ}), \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на передвижение трактора $N_{КАЧ}$

$$N_{КАЧ} = \frac{P_{КАЧ} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на преодоление подъема $N_{ПОД}$

$$N_{ПОД} = \frac{P_{ПОД} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Определить мощность, затрачиваемую на буксование ведущего аппарата $N_{БУК}$

$$N_{БУК} = \frac{(P_{КР} + P_{КАЧ} + P_{ПОД}) \cdot (V_T - V_P)}{3600}, \text{ кВт}$$

Определить мощность, не используемую по условиям сцепления $N_{НСЦ}$

$$N_{НСЦ} = \frac{P_{НСЦ} \cdot V_P}{3600}, \text{ кВт.}$$

Проверить равенство эффективной мощности двигателя по сумме составляющих мощности N_{eH}

$$N_{eH} = N_{КР} + N_{ТР} + N_{КАЧ} + N_{ПОД} + N_{БУК} + N_{НСЦ}, \text{ кВт.}$$

Контрольные вопросы

1. Чем определяется тяговый баланс трактора?
2. Что такое мощностной баланс трактора?
3. От чего зависит касательная сила тяги на движителях трактора?
4. От чего зависит сила сопротивления перекатыванию трактора?
5. Как выбирается движущая сила?
6. Как рассчитать тяговый коэффициент полезного действия и что он характеризует?

Занятие 2. Расчет состава агрегата

Цель занятия: овладеть методикой комплектования и расчета машинно-тракторного агрегата.

Задание. Рассчитаете ширину захвата и тяговое сопротивление агрегата и рабочую скорость агрегата, при необходимости подберите сцепку по индивидуальному заданию.

При комплектовании агрегата необходимо предварительно определить наибольшую возможную ширину B_{max} захвата агрегата при выбранных значениях скорости и соответствующего тягового усилия.

Для прицепного агрегата:

$$B_{max} = \frac{P_{KP}}{k + g_M \cdot i + g_C \cdot (f_C + i)}, \text{ м},$$

где k – удельное сопротивление (прил. 6), Н/м;

g_M – масса сельскохозяйственной машины, приходящей на 1 метр ширины захвата, Н/м;

g_C – масса сцепки на 1 метр ширины захвата, Н/м.

f_C – коэффициент сопротивления качению сцепки (прил. 4).

$$g_M = \frac{G_M}{B}, \text{ Н/м},$$

где G_M – масса сельскохозяйственной машины (прил. 7), Н;

B – ширина захвата машины (прил. 7), м.

$$g_C = \frac{G_C}{B_C}, \text{ Н/м},$$

где G_C – масса сцепки (прил. 8), Н;

B_C – ширина захвата сцепки (прил. 8), м.

Для навесного агрегата.

$$B_{max} = \frac{P_{KP}}{k_{\text{Н}} + g_M \cdot (\lambda \cdot f + i)}, \quad \text{м},$$

где $k_{\text{Н}}$ – удельное сопротивление навесной машины, Н/м;

$$k_{\text{Н}} = (0{,}8...0{,}85)k;$$

k – удельное сопротивление (прил. 6), Н/м;

$g_{\text{М}}$ – масса сельскохозяйственной машины, приходящей на 1 метр ширины захвата, Н/м;

$$g_M = \frac{G_M}{B}, \quad \text{Н/м},$$

где G_M – масса сельскохозяйственной машины (прил. 7), Н;

B – ширина захвата машины (прил. 7), м.

λ – коэффициент, учитывающий величину догрузки трактора при работе с навесными машинами:

- при пахоте $\lambda = 0{,}5...1{,}0$;
- при культивации $\lambda = 1{,}0...1{,}5$
- при глубоком рыхлении $\lambda = 1{,}6...2{,}0$.

Для многомашинных маши агрегатов необходимо определить число машин в агрегате с учетом ширины захвата одной машины:

$$m = \frac{B_{max}}{B},$$

где B – ширина захвата одной машины, м.

Если, поученное число машин в агрегате дробное, то округление до целого числа проводится в меньшую сторону.

Определить фронт сцепки A. Фронт сцепки это расстояние между крайними точками, к которым можно присоединить машины.

$$A = (m-1) \cdot B, \quad \text{м}.$$

По полученному значению A выбрать сцепку (прил. 8).

В том случае, если полученное значение фронта сцепки – A превышает значения, указанные в приложении 7, то принимается сцепка с максимальным фронтом, при условии соответствия ее по техническим характеристикам с.-х. машины, указанным в задании. И для этой сцепки определяется количество машин в агрегате:

$$m = \frac{A_{СЦ}}{B} + 1,$$

где $A_{СЦ}$ – фронт сцепки, указанный в приложении 8.

Фактическая ширина захвата агрегата $B_{АГ}$:

$$B_{АГ} = B \cdot m, \text{ м.}$$

Определить тяговое сопротивление агрегата $R_{АГ}$, возникающее в результате перемещения агрегата и выполнения рабочей машиной технологического процесса

Прицепной агрегат:

$$R_{АГ} = k \cdot B \cdot m + G_M \cdot m \cdot i + G_C \cdot (f_C + i), \text{ Н.}$$

Навесной агрегат:

$$R_{АГ} = k \cdot B \cdot m + G_M \cdot m \cdot (\lambda \cdot f + i), \text{ Н.}$$

Пахотный агрегат:

$$R_{АГ} = k_П \cdot b_К \cdot m_К + G_П \cdot k_g \cdot i, \text{ Н,}$$

где $k_П$ – удельное сопротивление плуга, Н/см,

$b_К$ – ширина захвата корпуса плуга, см;

$m_К$ – количество корпусов;

$G_П$ – вес плуга (прил. 7), Н;

k_g – коэффициент, учитывающий вес земли на корпусах плуга (1,1…1,4).

Удельное сопротивление плуга

$$k_П = k_0 \cdot h_В,$$

где k_0 – удельное сопротивление корпуса плуга (прил. 9) Н/см^2;

$h_В$ – глубина вспашки, см (20…30 см).

Определить коэффициент использования нормального тягового усилия $\eta_и$.

$$\eta_И = \frac{R_{АГ}}{P_{КР}}.$$

Рекомендуемые значения коэффициента использования тягового усилия.

Для пахотных агрегатов $\eta_И = 0{,}85...0{,}95$ (плуги и плоскорезы).

Для непахотных агрегатов $\eta_И = 0{,}92...0{,}98$ (бороны, культиваторы, сеялки).

Сравнить значение $\eta_И$, полученное в результате расчета с требуемым. Если $\eta_И$ больше 1,0, то необходимо перейти на передачу ниже и повторить расчет.

Если $\eta_И$ меньше указанных пределов, то необходимо повторить расчет для более высокой передачи. При этом необходимо учитывать, что с увеличением номера передачи возрастает скорость движения. В этом случае ограничением будут являться агротребования. Для агрегатов, имеющих в своем составе несколько машин с целью улучшения $\eta_И$ может быть увеличено количество машин в составе агрегата.

При невозможности загрузить трактор до требуемых значений коэффициента использования без нарушений агротребований по скорости движения, необходимо принять ту передачу, при которой значение $\eta_И$ наибольшее.

Определить рабочую скорость движения агрегата $V_Р$.

$$V_Р = 0{,}377 \cdot \frac{n_Д \cdot r_К}{i_Т} \cdot \eta_\delta, \text{ км/ч,}$$

где $n_Д$ – частота вращения коленчатого вала при расчетном режиме, мин$^{-1}$;

$r_К$ – радиус качения ведущих колес или звездочки, м;

$i_Т$ – передаточное отношение трансмиссии на выбранной передаче;

Частота $n_Д$ определяется по условиям сцепления движителя с почвой.

При достаточном сцеплении ($P_{КН} < F_{max}$):

$$n_Д = n_Н + (n_Х - n_Н) \cdot \frac{P_{КР} - R_{АГ}}{P_{КН}}, \text{ мин}^{-1}.$$

где $n_Н$ – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя

n_X – частота вращения коленчатого вала на холостом ходу, мин$^{-1}$.

При недостаточном сцеплении ($P_{КН} > F_{\max}$):

$$n_Д = n_Н + (n_X - n_Н) \cdot \frac{P_{КН} - F_{\max}}{P_{КН}}, \text{ мин}^{-1},$$

Контрольные вопросы

1. Для чего определяют максимально возможную ширину захвата агрегата.
2. Как подбирается сцепка для много машинных агрегатов?
3. От чего зависит тяговое сопротивление агрегата?
4. Как определить коэффициент использования нормального тягового усилия и что он характеризует?
5. Что необходимо сделать, если коэффициент использования нормального тягового больше 1,0?

Занятие 3. Разработка операционно-технологической карты

Цель занятия: освоить методику разработки и составления операционно-технологической карты полевой сельскохозяйственной операции.

Задание. Выберите оптимальный способ движения, определите основные кинематические характеристики трактора, рабочего участка и производительности машинно-тракторного агрегата, составьте операционно-технологическую карту по индивидуальному заданию.

Выбрать способ движения агрегата исходя из агротехнических требований, предъявляемых к производственному процессу.

Челночный способ движения – один из самых распространенных благодаря своей простоте, и для него не надо разбивать поле на загоны. Этим способом выполняют подавляющее большинство операций: внесение удобрений; лущение стерни и дискование; плоскорезную обработку почвы; вспашку оборотным и фронтальным плугами; боронование при небольшой ширине захвата агрегата; сплошную культивацию; прикатывание почвы; посев и посадку

сельскохозяйственных культур; междурядную обработку пропашных культур; уборку сельскохозяйственных культур агрегатами с фронтальными рабочими органами, навешиваемыми на трактор спереди, и др.

Всвал, вразвал и чередование загонов всвал и вразвал связаны с вспашкой и, естественно, их чаще применяют на этой операции. Однако эти способы движения возможны и на некоторых других операциях, включая лущение стерни и дискование, боронование, посев зерновых (непропашных) культур; уборку сельскохозяйственных культур и др.

Беспетлевой комбинированный способ движения чаще применяют на вспашке, а также на уборке картофеля и сахарной свеклы, где нежелательны петлевые повороты.

В зависимости от выбранного способа движения, определить ширину поворотной полосы E (часть загона, временно выделяемая для поворотов):

При петлевых поворотах

$$E = 3 \cdot R + e, \text{ м.}$$

При беспетлевых поворотах

$$E = 1{,}5 \cdot R + e, \text{ м,}$$

где R – радиус поворота агрегата, м;

e – длина выезда агрегата, м.

Длина выезда агрегата e – расстояние, на которое нужно продвинуть агрегат от контрольной линии на поворотной полосе до начала поворота с тем, чтобы избежать огрехов или порчи растений.

$e = 0{,}5 - 0{,}75 l_a$ – для прицепных машин;

$e = 0{,}35 - 0{,}65 l_a$ – для навесных машин.

где l_a – кинематическая длина агрегата, которая складывается из кинематических длин трактора l_{TP}, сцепки l_C и рабочей машины l_M.

$$l_a = l_{TP} + l_C + l_M, \text{ м,}$$

где l_{TP} – кинематическая длина трактора (прил. 10), м;

l_C – кинематическая длина сцепки (прил. 10), м;

l_M – кинематическая длина с.-х. машины (прил. 10, 11), м;

Радиус поворота агрегата R определяется следующим образом:

Для посевных и культиваторных агрегатов:

с одной машиной $R = 1{,}7B_{АГ}$;

с двумя машинами $R = 1{,}2B_{АГ}$;

с тремя машинами $R = 0{,}9B_{АГ}$;

с четырьмя-пятью $R = 0{,}8B_{АГ}$.

Бороновальные и лущильные агрегаты: $R = B_{АГ}$.

Навесные агрегаты: $R = R_{ТРАКТОРА}$ (прил. 12).

Прицепные пахотные агрегаты: $R = (3{,}4...7)B_{АГ}$.

В связи с тем, что ширина поворотной полосы должна быть кратной ширине захвата агрегата, то после расчетов необходимо откорректировать полученное значение ширины поворотной полосы E.

Определить рабочую длину загона по выражению:

$$L_Р = L - 2E, \text{ м},$$

где L – длина поля, м.

Для способов движения, которые требуют разбивки поля на загоны, необходимо определить ширину загона C и количество загонов $n_з$.

Движение всвал, вразвал:

$$C = \sqrt{2B_{АГ} \cdot L + 16R^2}, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения:

$$C = \sqrt{3B_{АГ} \cdot L}, \text{ м}.$$

Круговой способ

$$C = 0{,}22 \cdot L, \text{ м}.$$

Расчетная ширина загона должна корректироваться с тем, что бы она была кратной двойной ширине захвата агрегата.

Количество загонов:

$$n_з = \frac{B_П}{C},$$

где $B_П$ – ширина поля, м.

Определить длину холостого пути l_X в зависимости от выбранного способа движения.

Челночный способ движения (петлевые грушевидные повороты):

$$l_X = 6R + 2e, \text{ м}.$$

Способ движения «всвал» или «вразвал»:

$$l_X = 2{,}4R + 0{,}5C - 0{,}5B_{АГ} + 2e, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения:

$$l_X = 1{,}4R + 0{,}5C - \frac{2R \cdot B_{АГ}}{C - B_{АГ}} + 2e\text{, м.}$$

Коэффициент рабочих ходов определяется по формуле

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + l_X}.$$

Определить чистое рабочее время смены T_P из уравнения баланса времени смены

$$T_P = T - t_X - t_1 - t_2 - t_Л\text{, ч,}$$

где T =7 ч – общее время смены,

t_X – время, затраченное на повороты и холостые заезды, ч;

t_1 – время, затраченное на технологическое обслуживание, ч;

t_2 – время, затраченное на техническое обслуживание проводимое, как правило, в начале смены (прил. 13), ч;

$t_Л$ – время, затраченное на личные нужды обслуживающего персонала, принимается равным 0,2 ч.

7. Время, необходимое на совершение одного цикла $t_Ц$

$$t_Ц = \frac{2 \cdot (L_P + l_X)}{500 \cdot V_P} + t_0\text{, ч,}$$

где t_0 – время остановок, затраченное на технологическое обслуживание за цикл (прил. 14), ч;;

$$t_0 = t_T + t_{OC} \cdot z\text{, ч,}$$

где t_T – время, затрачиваемое на технологическое обслуживание рабочих органов (очистка рабочих органов, проверка глубины обработки, высоты среза, нормы высева, величины потерь и т.д.) (прил. 14);

t_{OC} – длительность одной остановки агрегата для циклического технологического обслуживания (заправка технологических емкостей или выгрузка из них); ч

z – количество остановок за цикл, необходимых для технологических обслуживаний.

Для агрегатов, не имеющих технологических емкостей время, затрачиваемое на циклическое технологическое обслуживание $t_0 = t_T$.

Длительность одной остановки агрегата

$$t_{ОС} = 0{,}05 \cdot m \text{, ч,}$$

где m – количество машин в агрегате, шт.

Количество остановок за цикл Z

$$Z = \frac{2 \cdot L_P}{l_{ОС}}$$

где $l_{ОС}$ – путь заполнения или опорожнения емкости, м.

$$l_{ОС} = \frac{10^4 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi}{h \cdot B_{АГ}}, \text{ м,}$$

где V – объем емкости на машине, м^3 (прил. 11);

γ – плотность материала, кг/м^3;

ψ – коэффициент использования емкости (0,94);

h – норма высева, кг/га;

$B_{АГ}$ – ширина захвата машины, м.

Количество циклов за смену $n_Ц$:

$$n_Ц = \frac{T - t_2 - t_Л}{t_Ц}.$$

Время, затраченное на повороты и холостые заезды $t_Х$:

$$t_Х = \frac{l_Х}{500 \cdot V_P} \cdot n_Ц \text{, ч}$$

Время остановок агрегата для циклического технологического обслуживания t_1

$$t_1 = t_0 \cdot n_Ц \text{, ч.}$$

Определить общий коэффициент использования времени смены τ

$$\tau = \frac{T_p}{T}.$$

Производительность агрегата:

За цикл $W_Ц$

$$W_Ц = \frac{2 \cdot L_P \cdot B_{АГ}}{10000} \text{, га/цикл.}$$

За час W

$$W = \frac{W_Ц}{t_Ц}, \text{ га/ч.}$$

За смену $W_{СМ}$

$$W_{СМ} = 0{,}1 \cdot B_{АГ} \cdot V_Р \cdot T_Р, \text{ га/см.}$$

Удельный расход топлива $\theta_{ГА}$ при работе агрегата.

$$\theta_{ГА} = \frac{Q_Р \cdot T_Р + Q_Х \cdot t_Х + Q_0 \cdot t_{ОСТ}}{W_{СМ}}, \text{ кг/га.}$$

где $Q_Р$ – расход топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

$T_Р$ –чистое рабочее время. ч.

$Q_Х$ – расход топлива двигателем трактора при поворотах и холостых заездах, принимаемый 70-75% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

$t_Х$ – время, затрачиваемое на повороты, ч.

Q_0 – расход топлива двигателем трактора при остановках, принимаемый 10% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

$t_{ОСТ}$ – время остановок для технологического обслуживания, ч

Расход топлива двигателем трактора под нагрузкой

$$Q_Р = \frac{N_{eH} \cdot g_{eH}}{1000}, \text{ кг/ч,}$$

где g_{eH} – удельный расход топлива двигателем трактора (прил. 3), г/кВт·ч

$$t_{ОСТ} = t_1 + t_Л, \text{ч.}$$

Определить затраты труда на единицу работы $H_О$

$$H_О = \frac{m_М + m_{ВС}}{W}, \text{ чел·ч/га,}$$

где $m_М$ и $m_{ВС}$ – соответственно количество механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат;

По результатам расчетов составляется операционно-технологическая карта (рис. 1).

Значение параметров	Схемы
1. Условия работы	
Площадь поля - га	
Длина, ширина поля - м	
Удельное сопротивление - Н/ м	
Уклон - %	
2. Агротехнические требования	
Глубина обработки, подрезание сорняков, заделка растительных остатков, норма высева, норма внесения удобрений и тд	
3. Состав и подготовка агрегатов	
Марка энергомашины -	
Марка СХМ -	
Количество СХМ -	
Марка сцепки -	
Длина въезда агрегата - м	
Минимальный радиус поворота - м	
4. Поле и подготовка поля к работе	
Способ движения -	
Способ поворота -	
Ширина поворотной полосы - м	
Коэффициент рабочих ходов -	
Подготовка поля к работе	
5. Режим работы агрегата	
Скорость движения - км/ ч	
Передачи -	
Среднее время одного цикла - ч	
Производительность:	
- за цикл - га/ цикл	
- за час - га/ ч	
- за смену - га/ см	
Погектарный расход топлива - кг/ га	
Прямые эксплуатационные затраты - руб/ га	

Схема агрегата с указанием основных кинематических характеристик агрегата (центр агрегата, кинематическая длина трактора, машины, сцепки, агрегата, ширина захвата агрегата)

Схема способа движения (На схеме обозначить ширину поворотной полосы, длину въезда агрегата, рабочую длину загона, ширину загона)

6. Контроль качества работы	Показатели	Нормативы	Баллы	Способ замера, инструмент	Схема взятия проб
					Схема взятия проб
	Оценка в баллах: 8..9 - отлично 6..7 - хорошо 4..5 - удовлетворительно менее 4 - неудовлетворительно				

Рис. 1. Операционно-технологическая карта

Контрольные вопросы

1. Как рассчитать и откорректировать ширину поворотной полосы?
2. Что такое длина выезда и от чего она зависит?
3. Как найти коэффициент использования рабочих ходов и что он характеризует?
4. От чего зависит радиус поворота агрегата?
5. Как найти коэффициент использования времени смены и что он характеризует?
6. Перечислите составляющие уравнения баланса времени смены?
7. Как рассчитать производительность машинно-тракторного парка за смену?

Занятие 4. Расчет эксплуатационных затрат

Цель занятия: освоить методику определения прямых эксплуатационных затрат при выполнении полевой сельскохозяйственной операции.

Задание. Рассчитать затраты средств на оплату труда, на горюче-смазочные материалы, на ремонт и ТО и амортизацию.

Согласно ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки»:

Прямые эксплуатационные затраты – сумма денежных средств на выполнение отдельной механизированной работы, включающая в себя оплату труда, стоимость горюче-смазочных материалов или электроэнергии, газа, затраты на ремонт и техническое обслуживание техники, амортизационные отчисления, затраты на вспомогательные технологические материалы.

Определить прямые эксплуатационные затраты $З_{ЭКС}$ денежных средств, приходящиеся на выполнение единицы наработки, которые определяются по формуле

$$З_{ЭКС} = З_{О.Т} + З_{ТСМ} + З_{Р} + А + И_{В.М.}, \text{ руб./га,}$$

где $З_{О.Т}$ – затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала, руб./га;

$З_{ТСМ}$ – затраты средств на топливо-смазочные материалы руб./га;

$З_{Р}$ – затраты средств на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га;

$И_{В.М.}$ – издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы, руб./га.

Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала:

$$З_{О.Т} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{МЕХ}} \lambda_k \cdot \tau_k \cdot К_З}{W_{СМ}}, \text{ руб./га,}$$

где λ_k – количество обслуживающего персонала k-й квалификации, чел.;

$n_{МЕХ}$ –число обслуживающего персонала, чел.

τ_k – часовая оплата труда обслуживающего персонала k-й квалификации, руб./чел.-ч;

$К_З$ – коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, регламентируемых законодательством;

Затраты денежных средств на оплату ГСМ

$$З_{ГСМ} = \theta_{ГА} \cdot Ц_Т \cdot К_{СМ.М}, \text{ руб./га,}$$

$Ц_Т$ – цена моторного топлива, руб./кг ;

$К_{СМ.М}$ – коэффициент учета стоимости смазочных материалов.

Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание техники по нормам отчислений от цены машины

$$З_Р = \frac{\sum_{j=1}^{n_М} Б_{М_j} \cdot К_{Р_j}}{W_{ЭКС}} \cdot 10^{-4}, \text{ руб./га,}$$

где $n_М$ – число техники, входящей в МТА

$Б_{М_j}$ – цена j-ой техники (без НДС), руб.;

$К_{Р_j}$ – значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены j-ой техники на 100 ч ее работы, принятый в конкретном государстве, % (прил. 15);

$W_{ЭКС}$ – производительность цены j-ой техники за 1 ч эксплуатационного времени, ч.

Амортизационные отчисления

$$A = \frac{1}{W_{СМ}} \sum_{j=1}^{n_М} \frac{Б_{М_j}}{R_{М_j}}, \text{ руб./га,}$$

где R_{M_j} – значение амортизационного ресурса j-ой техники (прил. 15).

Издержки денежных средств на вспомогательные технологические материалы

$$И_{В.М.} = \sum_{f=1}^{n_{В.М.}} g_f Ц_{В.М_f}, \text{ руб./га,}$$

где $n_{В.М}$ – число наименований вспомогательного технологического материала, руб.

g_f – удельный расход f-го вспомогательного технологического материала кг/ед. наработки;

$Ц_{В.М_f}$ – цена f-го вспомогательного технологического материала, руб.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение прямым эксплуатационным затратам?
2. Каким образом определяют прямые эксплуатационные затраты денежных средств?
3. Как рассчитывают затраты денежных средств на оплату ГСМ?
4. От чего зависят затраты средств на ремонт и техническое обслуживание техники?
5. Как рассчитать амортизационные отчисления?

Занятие 5. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание топливораздаточной колонки НАРА-27М1

Цель занятия: изучить устройство и получить практические навыки эксплуатации топливораздаточной колонки НАРА-27М1.

Оборудование и материалы: топливораздаточная колонка НАРА-27М1.

Задание. Изучить устройство и принцип работы топливораздаточной колонки НАРА-27М1в целом и ее составных узлов, выполнить конспект.

Колонка НАРА-27М1 с электроприводом и дистанционным управлением предназначена для измерения объема топлива вязкостью 0,55 до 40 сСт при его выдаче в топливные баки транспортных средств самоходных машин и тару потребителя. Технические характеристики колонки приведены в таблице 1.

Колонка изготовлена для работы при температурах окружающего воздухе от плюс 50°С до минус 40°С и относительной влажности от 30 до 100% при 25°С.

Температура выдаваемого топлива должна быть:

- для бензина от плюс 35°С до минус 40°С;
- для дизельного топлива и керосина от плюс 50 °С до минус 40 °С (или до температуры помутнения топлива).

Таблица 1

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Номинальный расход колонки, л/мин	50
Минимальная доза выдачи, л	2
Дискретность дозирования, л	1
Пределы допускаемой основной погрешности колонок при температуре окружающей среды и топлива (20±5)°С.	± 0,25
Номинальная тонкость фильтрования, мкм	20
Длина раздаточного рукава, м	4
Габаритные размеры, мм:	
НАРА-27М1Р, НАРА-27М1С, НАРА-27М1Э	660×445×1330
НАРА-27М1ЭН	675×425×1570
Масса, кг, не более:	
НАРА-27М1Р	145
НАРА-27М1С, НАРА-27М1Э, НАРА-27М1ЭН	135

Колонка состоит из следующих основных узлов: фильтра, насоса с электроприводом, отсчетного устройства, измерителя объема, индикатора, газоотделителя, поплавковой камеры, раздаточного крана с рукавом.

Принцип работы колонки приведен на рисунке 2.

На пульте задается доза топлива, подготавливается цепь включения колонки. Нажатием на рычаг в колонке НАРА-27МГР, НАРА-27М1С, а в колонке НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН при снятии раздаточного крапа автоматически, включается электродвигатель.

Насос получает вращение через клиноременную передачу от электродвигателя. Под действием разрежения, создаваемого насосом *3*, топливо из резервуара через приемный клапан *1* и фильтр *2* попадает в насос (рис. 2). Насос подает топливо в газоотделитель *6* и далее через клапан *7* в измеритель объема *9*. Отмеренное измерителем топливо направляется через индикатор 10 и раздаточный кран *11* в бак потребителя.

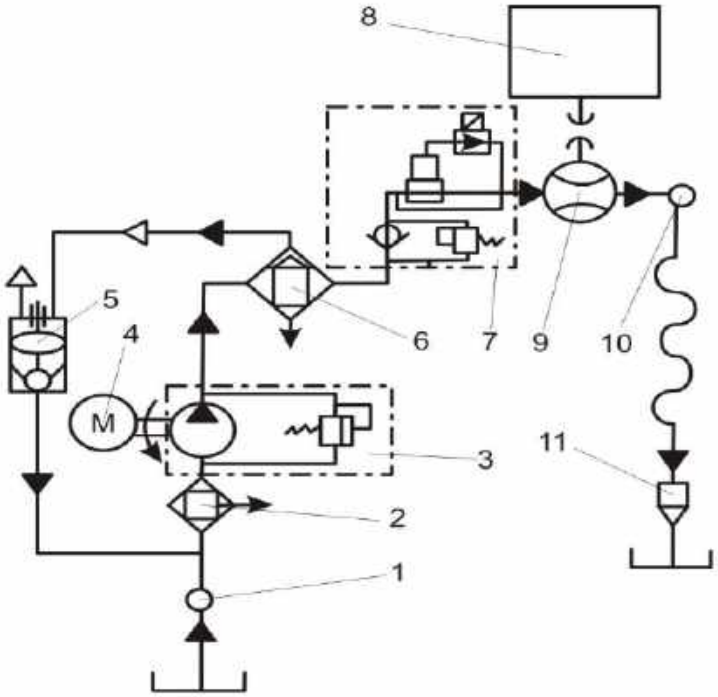


Рис. 2. Принципиальная гидравлическая схема:
1 – клапан приемный; 2 – фильтр; 3 – насос; 4 – электродвигатель; 5 – камера поплавковая; 6 – газоотделитель; 7 – клапан электромагнитный; 8 – устройство отсчетное; 9 – измеритель объема; 10 – индикатор; 11 – кран раздаточный

При поступлении топлива в газоотделитель скорость потока резко снижается из-за увеличения проходного сечения, в результате чего из топлива выделяются воздух и пары, которые собираются в верхней части камеры газоотделителя и через отверстие в штуцере крышки, вместе с частью топлива отводятся в поплавковую

камеру *5*. Пары и воздух из поплавковой камеры выходят в атмосферу, а топливо, по мере накопления, поднимает поплавок, который открывает отверстие в штуцере поплавковой камеры и через него уходит в фильтр.

Топливо, поступающее в измеритель объема, заполняя цилиндры, приводит в движение поршни, которые перемещаются из одного крайнего положения в другое.

Поступательное движение поршня вместе с кулисой, на которой он жестко закреплен, преобразуется во вращательное движение вала, причем за один ход поршня коленчатый вал и золотник поворачивается на угол 180°.

Вращение коленчатого вала с золотником дает возможность заполнять поочередно каждый из четырех цилиндров, одновременно вытесняя топливо из противоположного цилиндра (два поршня закреплены на одной кулисе).

Отмеренное измерителем объема топливо через индикатор, рукав и раздаточный кран поступает в емкость потребителя.

Вращательное движение коленчатого вала измерителя объема передается через соединительную муфту в колонке:

- на вал отсчетного устройства (НАРА-27М 1Р и НАРА-27М 1С);
- на вал датчика расхода со счетчиком (НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН).

В колонках НАРА-27М1Р, НАРА-27М1С за период выдачи измерителем объема 1 л топлива вал отсчетного устройства совершает один полный оборот, при этом происходит замыкание и размыкание магнитоуправляемого контакта и обеспечивается подача импульса на пульт управления колонки.

В колонках НАРА-27М1Э И НАРА- 27М1ЭН вращательное движение вала датчика преобразуется в последовательность электрических импульсов, поступающих в отсчетное устройство.

Отсчетное устройство осуществляет подсчет и отображение на индикаторах информации о разовой выдаче топлива.

Фильтр предназначен для очистки топлива от части механических примесей размером свыше 100 мкм.

Фильтрующие элементы устанавливаются на специальном патрубке крышки и легко снимаются при техническом обслуживании. В корпусе *2* фильтра, во всасывающем отверстии, смонтирован обратный клапан *3* для удержания топлива в гидравлической системе колонки в нерабочем состоянии (рис. 3).

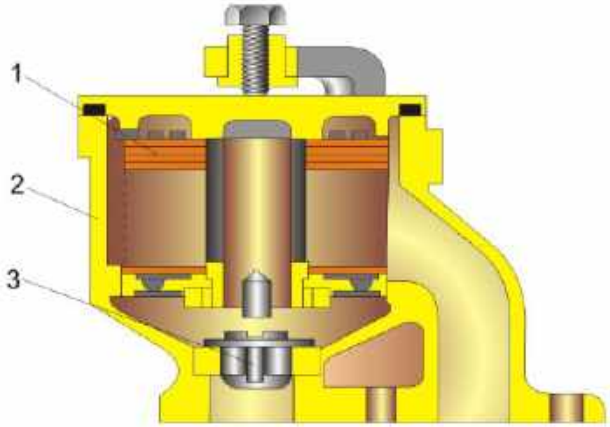


Рис. 3. Фильтр:
1 – фильтрующий элемент; 2 – корпус; 3 – клапан обратный

Насос колонки – пластинчатый (шиберный). Вал ротора *1* насоса вращается на двух шарикоподшипниках *4, 5*, расположенных в крышке (рис. 4).

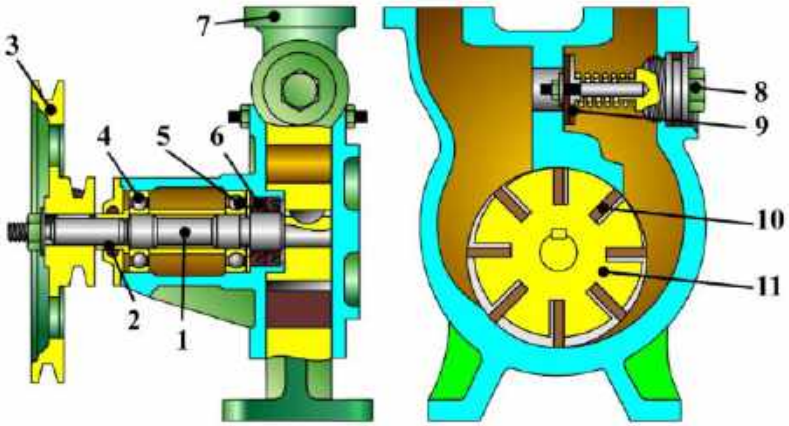


Рис. 4. Насос колонки
1 – вал ротора; 2 – втулка; 3 – шкив; 4, 5 – подшипник;
6 – манжеты, 7 – корпус, 8 – винт регулировочный; 9 – клапан перепускной;
10 – лопатка, 11 – ротор

Во время вращения ротора лопатки *10* под действием центробежной силы прижимаются к внутренней поверхности камеры корпуса насоса и перекачивают топливо из всасывающей полости в нагнетательную.

Направление вращения вала насоса указано стрелкой на шкиве. Насос имеет перепускной клапан *9*, с помощью которого регулируется давление в нагнетательной полости насоса колонки (рис. 4).

Регулировка клапана осуществляется путем поворота регулировочного винта *8*, причем при повороте по часовой стрелке давление в системе увеличивается, против часовой стрелки – уменьшается.

При повышении давления в нагнетательной полости насоса выше величины, на которую отрегулирован клапан, происходит его открытие и насос начинает частично работать на себя.

В газоотделителе (рис. 5) происходит выделение воздуха и паров из проходящего через него топлива, которые собираются в верхней части корпуса *5*. В крышке *10* газоотделителя имеется специальная втулка *9* с поплавком *11* для отвода воздуха и газотопливной смеси через трубопровод в поплавковую камеру (рис. 6), состоящую из корпуса *2*, поплавка *3* с игольчатым клапаном *1* и крышки *4*. Воздух из поплавковой камеры отводится в атмосферу, а скопившееся топливо по мере накопления поднимает поплавок и по трубопроводу отводится в приемную часть гидросистемы.

В газоотделителе (рис. 5) устанавливается фильтрующий элемент *4* с номинальной тонкостью фильтрования 20 мкм. Легкосъемная крышка *10* позволяет быстро сменить фильтрующий элемент. Для слива топлива при ремонтных работах в нижней части газоотделителя имеется отверстие с пробкой *1*.

Клапан. Клапан, установленный между газооотделителем и измерителем объема, предназначен для снижения расхода перед окончанием выдачи дозы, состоит из мембранного клапана и управляющего электромагнитного клапана.

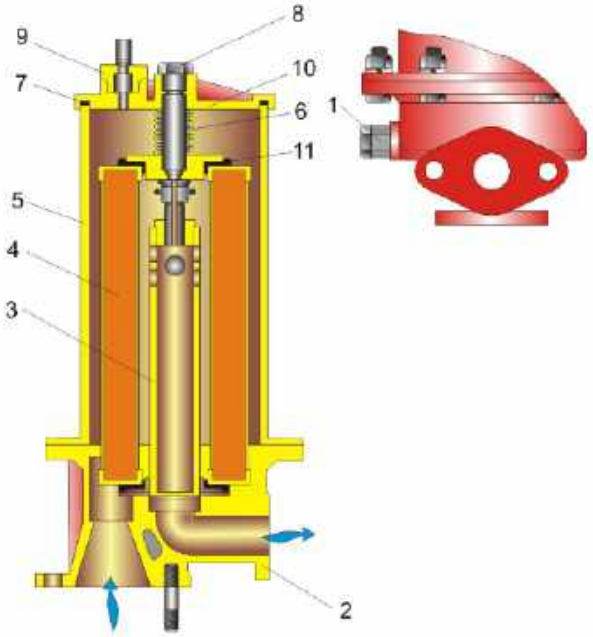


Рис. 5. Газоотделитель:
1 – пробка; 2 – корпус; 3 – труба; 4 – фильтрующий элемент; 5 – корпус;
6 – пружина; 7 – прокладка; 8 – винт; 9 – втулка; 10 – крышка; 11 – поплавок

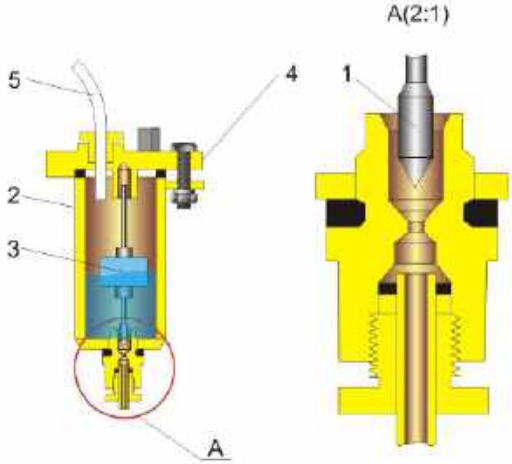


Рис. 6. Камера поплавковая:
1 – клапан игольчатый; 2 – корпус; 3 – поплавок; 4 – крышка; 5 – трубопровод

При пуске колонки электромагнитный клапан отключен и подаваемое топливо, поднимая мембрану *6*, поступает из нагнетательной магистрали в подмембранную полость (рис. 7). При этом клапан открыт полностью, что обеспечивает нормальный расход колонки.

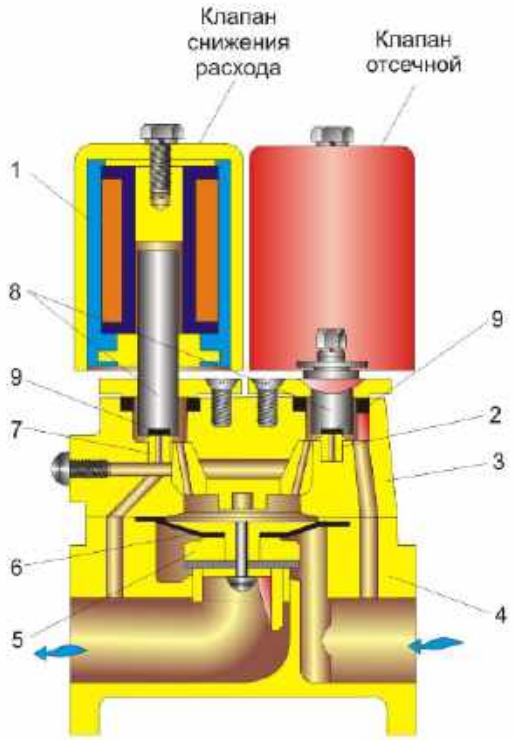


Рис. 7. Клапан:
1 – электромагниты; 2 – жиклер; 3 – крышка; 4 – корпус; 5 – основой клапан; 6 – мембрана; 7 – жиклер; 8 – якорь; 9 – резиновые уплотнения

Перед окончанием выдачи дозы, по переднему фронту последнего импульса датчика на электромагнитный клапан в течение 0,3 с подается напряжение 220 В. Клапан работает автоматически после снятия напряжения до окончания выдачи дозы (примерно в течение 3 с).

При включении клапана перекрывается отверстие, через которое топливо отводится из надмембранной полости. За счет увеличения давления в надмембранной полости мембрана прижимается к седлу клапана и перекрывает основное отверстие, при этом поток топлива поступает к измерителю объема через отверстие малого диаметра, что обеспечивает снижение расхода.

Измеритель объема жидкости ГТЖ4-25 предназначен для измерения топлива, проходящего через колонку, в единицах объема.

Он представляет собой четырехцилиндровый гидравлический двигатель, цилиндры которого отлиты в общем блоке (рис. 8).

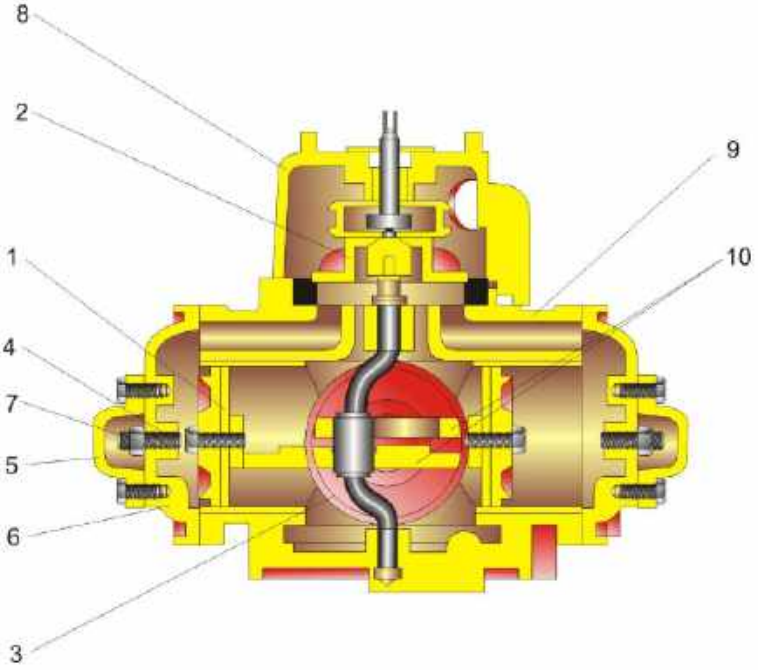


Рис. 8. Измеритель объема:
1 – поршень; 2 – золотник; 3 – вал коленчатый; 4 – винт юстировочный; 5, 6 – крышка; 7 – контргайка; 8 – корпус золотника; 9 – корпус; 10 – кулисы

В цилиндрах размещены кулисы *10* с поршнями *1*, уплотненными манжетами, которые прижимаются к цилиндрам, свернутыми в кольцо спиральными пружинами. Поток топлива с помощью

золотника *2* направляется поочередно в каждый из цилиндров, перемещая поршни из одного крайнего положения в другое. Поступательное движение кулис с поршнями преобразуется во вращательное движение коленчатого вала *3*.

За один оборот коленчатого вала *3* через измерительные цилиндры проходит объем жидкости, равный объему мерной камеры или рабочему объему четырех цилиндров.

Выдаваемый объем топлива за один полный оборот коленчатого вала равен 500 $см^3$. Вращательное движение коленчатого вала измерителя объема передается на отсчетное устройство или счетчик с датчиком.

Каждая пара поршней имеет возможность свободного хода за счет зазора между роликами коленчатого вала и пазом кулисы. Ход кулис с поршнями регулируется юстировочными винтами *4*, благодаря чему имеется возможность изменять объем выдаваемого топлива.

Индикатор (рис. 9) служит для контроля заполнения измерительной системы топливом. Появление пузырьков воздуха в индикаторе указывает на ненормальную работу газоотделителя или негерметичность всасывающей системы.

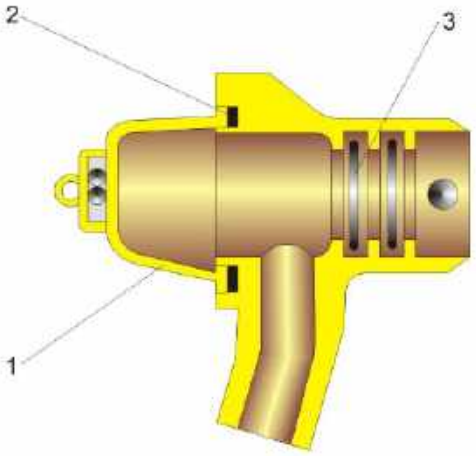


Рис. 9. Индикатор:
1 – стаканчик; 2 – прокладка; 3 – кольцо уплотнительное

Маслобензостойкий рукав длиной не менее 4,0 м одним своим концом присоединяется с помощью конуса и специальной накидной гайки к патрубку индикатора. На втором конце рукава аналогичным образом закрепляется раздаточный кран.

Внутренний слой рукава обладает электропроводимостью, в связи с этим раздаточный кран не требует дополнительного заземления. В случае замены раздаточного рукава на раздаточный рукав, не имеющий внутреннего антистатического слоя, необходимо заземлить край, соединив его с индикатором металлическим проводом.

Отсчетное устройство колонок НАРА-27М1Э и НАРА-27М1ЭН электронного типа предназначено для отображения информации о разовой выдаче топлива.

Отсчетное устройство колонки НАРА-27М1С содержит указатели разового отпуска и суммарного учета топлива.

Задание дозы топлива и подготовку цепи включения осуществляет оператор при помощи пульта дистанционного управления.

Заправку топливом автотранспорта через колонку осуществляет сам водитель, который должен заказать дозу, снять с кронштейна кран, вставить его сливную трубу в горловину бака, поставить рукоятку крана на защелку и нажать до упора и отпустить рычаг или кнопку включения колонки. Контроль за количеством выданного топлива осуществляется наблюдением за показаниями указателя разового учета.

После окончания выдачи дозы топлива и автоматического отключения колонки водитель, отпустив рукоятку, должен закрыть раздаточный крап и поставить его на место.

Контрольные вопросы

1. Назначение и общее устройство колонки НАРА-27М1.
2. Каков принцип работы колонки НАРА-27М1?
3. Каково устройство и принцип работы насоса колонки?
4. Каково назначение и устройство газоотделителя колонки?
5. Каков принцип работы измерителя объема НАРА-27М1?
6. Каково назначение и устройство газоотделителя колонки?

Занятие 6. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание балансировочного станка «Мастер»

Цель занятия: изучить устройство и получить практические навыки эксплуатации балансировочного станка «Мастер».

Оборудование и материалы: станок балансировочный «Мастер», модель СБМ-40, набор ключей, автомобильное колесо.

Задание. Изучите устройство, способы ввода данных и процесс балансировки колеса. Выполните балансировку колеса на станке «Мастер».

Назначение

Станок балансировочный «Мастер» модель СБМ-40 предназначен для балансировки автомобильных колёс с дисками диаметром от 12 до 16 дюймов (табл. 2). Балансировка колёс осуществляется одним измерением для обеих плоскостей коррекции с одновременным указанием мест установки корректирующих грузов и масс этих грузов.

Работа станка основана на вычислении массы корректирующих грузов по величине сил, воздействующих на вал вращающимся колесом, с последующим устранением дисбалансов колеса корректирующими грузами в двух плоскостях коррекции при динамической балансировке и в одной плоскости при статической балансировке.

Таблица 2

Технические характеристики станка

Параметр	Значение параметра
Масса балансируемых колёс, кг	10…40
Наибольший наружный диаметр балансируемых колёс, мм	800
Наименьшая единица коррекции, г	1
Максимальное расстояние, измеряемое электронной линейкой, мм, не менее	130
Минимальный достижимый остаточный дисбаланс, г·мм/кг	800
Погрешность электронной линейки, мм	3
Дискрет измерения измерителя диаметра	1 дюйм
Погрешность измерителя диаметра, дюйм	0,5
Продолжительность измерительного цикла, с, не более	12
Масса станка, кг, не более	60

Устройство станка

Станок представляет собой стационарную установку. Внешний вид станка показан на рисунке 10.

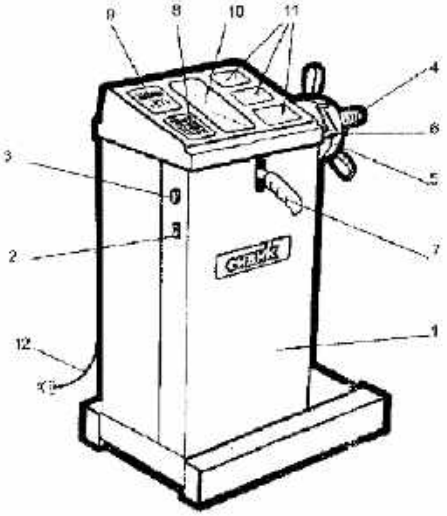


Рис. 10. Устройство станка:
1 – корпус; 2 – сетевой выключатель; 3 – кнопка запуска электродвигателя;
4 – приводной вал; 5 – прижимная гайка; 6 – электронная линейка;
7 – рычаг для раскрутки и торможения приводного вала;
8 – панель управления; 9 – панель индикации;
10 – ячейка для хранения инструмента;
11 – емкости для хранения грузов и пружин; 12 – шнур сетевой

Станок состоит из корпуса *1*, на боковой поверхности которого размещены сетевой выключатель *2* и кнопка запуска электродвигателя *3* (рис. 10). Балансируемое колесо закрепляется на приводном валу *4* с помощью прижимной гайки *5* с центрирующим конусом или диском. Изменение диаметра и расстояний до плоскостей коррекции производится встроенной электронной линейкой *6*.

Для раскрутки колеса необходимо поднять рычаг *7* вверх до упора с усилием не более 10 кг и нажать кнопку пуска электродвигателя *3*. Остановка вращения колеса после окончания измерительного цикла производится тормозным устройством, управление которым осуществляется перемещением рычага *7* до упора вниз.

Ввод данных в станок осуществляется с помощью клавиатуры, расположенной на панели управления (рис. 11).

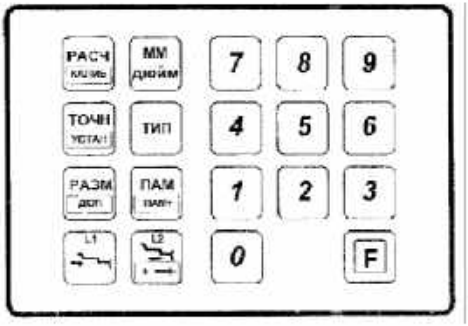


Рис. 11. Панель управления

Информация о вводимых данных в станок, положении и массах корректирующих грузов отражается на панели индикации (рис. 12) и контролируется визуально.

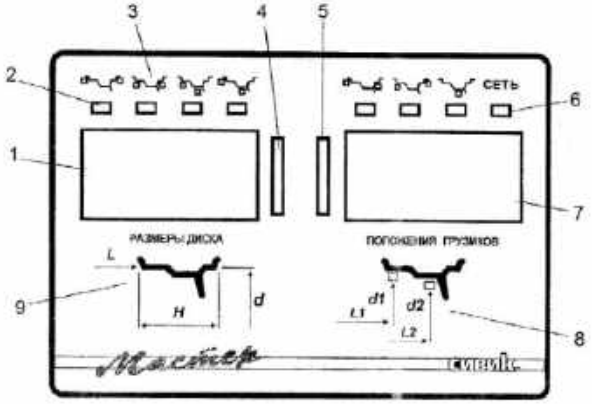


Рис. 12. Панель индикации:
1 – информационный индикатор массы корректирующего груза в левой плоскости коррекции; 2 – индикаторы типа колеса; 3 – схема размещения грузов на ободе; 4 – индикатор положения корректирующего груза в левой плоскости коррекции; 5 – индикатор положения корректирующего груза в правой плоскости коррекции; 6 – индикатор включения станка; 7 – информационный индикатор массы корректирующего груза в правой плоскости коррекции; 8 – схема обозначений положения грузов; 9 – схема обозначений размеров колеса

Работа станка

Колесо балансировать в следующем порядке:

а) включить сетевой выключатель;

б) подготовить и установить колесо;

в) ввести параметры колеса;

г) выполнить измерение;

д) установить грузы, если необходимо;

е) повторять п.п. г) и д) при необходимости.

Установка колеса. Перед балансировкой колесо должно быть очищено от грязи и других посторонних предметов. Опорная площадка и центральное отверстие диска колеса должны быть также очищены и протёрты. Ранее установленные грузы необходимо удалить. Установить балансируемое колесо на приводной вал станка. Комплект запасных инструментов и принадлежностей (ЗИП) обеспечивает два варианта установки колеса:

а) установка колеса с центровкой на центральное отверстие диска, имеющего диаметр от 47 мм до 170 мм;

б) установка колеса на фланец с центровкой на отверстиях крепления диска на ступице.

Установка колеса на фланец позволяет более точно сохранить достигнутую сбалансированность при установке колеса на ступицу автомобиля. Установку колеса с центровкой на центральном отверстии диска производить в соответствии с рисунками 13, 14 (диаметр центрального отверстия от 47 до 110 мм, при этом диск колеса должен быть прижат к упору *4* гайкой *3*) или согласно рисунку 15 (диаметр центрального отверстия от 97 до 170 мм, при этом кольцо *6* должно быть посажено на фланец упора *4* и совместно с диском прижато к упору *4* гайкой *3*).

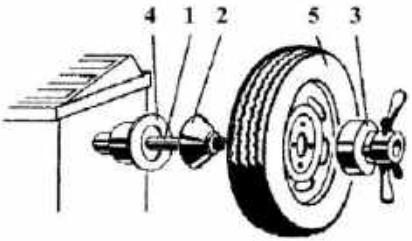


Рис. 13. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (конус внутри):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 – упор; 5 – балансируемое колесо

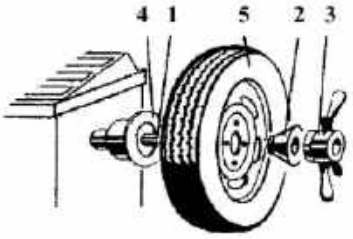


Рис. 14. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (конус снаружи):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 – упор; 5 – балансируемое колесо

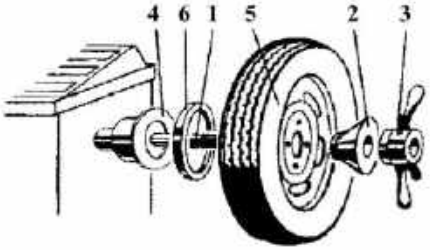


Рис. 15. Установка колеса с центровкой на центральном отверстии (диаметр центрального отверстия от 97 до 170 мм):
1 – вал в сборе; 2 – конус; 3 – прижимная гайка с чашкой;
4 –упор; 5 – балансируемое колесо; 6 – кольцо

Установка колеса на фланец с центровкой на отверстиях крепления диска на ступице (рис. 16):

а) установить на вал станка *1* конус *2* с диаметром 47…70 мм;

б) закрепить фланец *3* на колесе *4* болтами *5*;

в) установить колесо с фланцем на вал станка и закрепить его с помощью гайки *6*, прижав к упору *7*.

Ввод параметров балансируемого колеса. Проверить и ввести параметры балансируемого колеса можно одним из следующих способов:

а) вводом типа и размеров колеса;

б) вводом параметров плоскостей коррекции;

в) запросом параметров из базы данных (БД) станка.

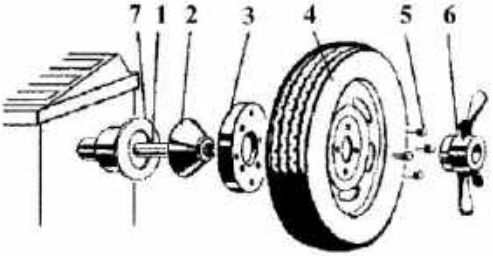


Рис. 16. Установка колеса на фланец с центровкой
на отверстиях крепления диска на ступице:
1 – вал в сборе; 2 – конус Ø 47…70; 3 – фланец; 4 – балансируемое колесо;
5 – болт; 6 – прижимная гайка с кольцом; 7 – упор

Выбор способа ввода параметров балансируемого колеса носит непринципиальный характер и определяется только конструкцией диска и удобством для пользователя.

Если требуемые параметры колеса уже были установлены (например, автоматически при включении или при балансировке предыдущего колеса), то их ввод не требуется.

Допускается установка параметров колеса после прокручивания колеса. В этом случае после изменения параметров следует выполнить перерасчет, нажав клавишу РАСЧ, после чего на информационные индикаторы будут выведены массы корректирующих грузов.

Способ 1. Ввод типа и размеров колеса

Колёса разделяются по типам в соответствии со схемой размещения грузов на ободе. Выбор типа колеса осуществляется нажатием на клавишу ТИП, пока не загорится индикатор требуемого типа.

Порядок ввода размеров и типа колеса может быть любым.

Необходимо вводить ширину и диаметр диска, а также расстояние до него (рис. 17). Ширину диска можно ввести только вручную, а диаметр и расстояние – с помощью электронной линейки или вручную.

Для ввода диаметра и расстояния следует выдвинуть электронную линейку из крайнего левого положения до касания наконечником обода колеса и задержаться в этой позиции до звукового

сигнала, по которому происходит фиксация размеров. При этом на левом информационном индикаторе показывается расстояние (мм), а на правом – диаметр (мм или дюйм). После звукового сигнала линейку следует плавно вернуть в исходное положение.

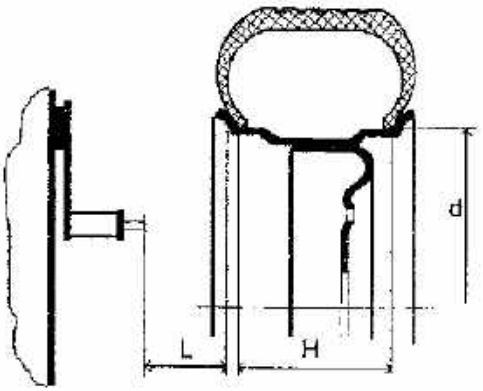


Рис. 17. Схема замеров параметра колеса при вводе типа и размеров колеса:
d – диаметр обода, *H* – ширина обода, *L* – расстояние до обода колеса

Для просмотра и ручного ввода размеров предназначена клавиша РАЗМ. После каждого ее нажатия на левом информационном индикаторе будет появляться обозначение очередного параметра (*H, d, L*), а на правом – числовое значение этого параметра. Изменить значение можно, набирая нужное число на клавиатуре. Для размеров диска используется следующие обозначения: *d* – диаметр обода, *H* – ширина обода, *L* – расстояние до обода колеса

Диаметр и ширина могут быть выражены как в миллиметрах, так и в дюймах. Если в числе нет десятичной запятой, то размер указан в мм. Если в числе младшая цифра отделена десятичной запятой (или точкой), то размер указан в дюймах. Например, 330 – размер в мм, 13,0 – размер в дюймах. Размерность можно переключать, нажимая клавишу ММ/ДЮЙМ. Расстояние до обода указывается только в мм.

Примечание: если числовые значения диаметра и ширины выражены в дюймах, то при наборе числа на клавиатуре необходимо

набирать: для диаметра – три цифры, для ширины – две цифры, включая незначащие нули.

Например, для ввода ширины обода 5 дюймов:

а) нажимать клавишу РАЗМ до появления *Н* на левом информационном индикаторе;

б) переключить размерность в дюймовую клавишей ММ/ДЮЙМ (если необходимо);

в) набрать на цифровой клавиатуре новое значение, нажав клавиши: 5,0, при этом на правом информационном индикаторе появится строка 5.0.

Если в процессе ввода была допущена ошибка, то значение вводимого параметра можно изменить повторным набором на цифровой клавиатуре. Необходимо контролировать ввод параметров визуально по индикации.

Ширина обода колеса обычно выбита на диске и кратна 0,5 дюйма, диаметр обода колеса берется из маркировки шины и кратен 1,0 дюйму.

Ширину обода можно измерить с помощью кронциркуля.

Способ 2. Ввод параметров плоскостей коррекции

Параметры плоскостей коррекции можно вводить с помощью электронной линейки или вручную.

При этом способе вводятся параметры (диаметры и расстояния) не диска, а мест установки грузов (плоскостей коррекции), (рис. 18). ТИП колеса устанавливать не нужно.

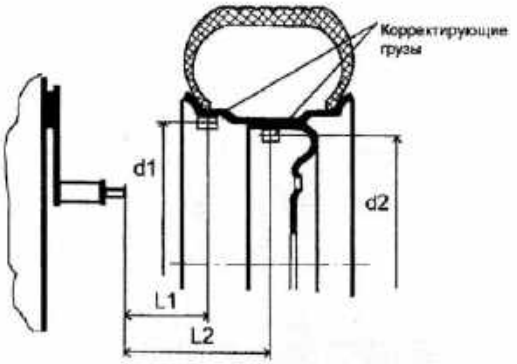


Рис. 18. Схема замеров параметров колеса при вводе параметров плоскостей коррекции

Ввод с помощью электронной линейки – наиболее точный и предпочтительный способ для литых (ALU) дисков. Следует:

а) измерить электронной линейкой расстояние и диаметр первой (левой) плоскости (*L1 и d1*). Для этого следует переместить наконечник линейки до середины предполагаемого места положения груза и дождаться фиксации размера (звукового сигнала);

б) нажать клавишу *L1*;

в) измерить электронной линейкой расстояние и диаметр второй (правой) плоскости (*L2* и *d2*). Для этого следует переместить наконечник линейки до середины предполагаемого места положения груза и дождаться фиксации размера (звукового сигнала);

г) нажать клавишу *L2*.

Если линейка не достает до второй плоскости, следует надеть на наконечник удлинитель (длина удлинителя 100 мм) и выполнить измерение расстояния до второй плоскости. При использовании удлинителя после измерения следует нажать клавишу F-L2. После измерений параметров плоскостей коррекции электронной линейкой изменяется режим работы клавиши РАЗМ. С ее помощью можно просматривать и вводить параметры плоскостей коррекции (*L1, d1, L2, d2*). После измерения электронной линейкой расстояния до обода режим клавиши РАЗМ восстанавливается (*H, d, L*).

Способ 3. Ручной ввод параметров плоскостей коррекции

Для просмотра или ручного ввода параметров плоскостей коррекции (*L1, d1, L2, d2*) следует нажимать клавишу F-ДОП. После каждого ее нажатия на левом индикаторе будет появляться обозначение очередного параметра, а на правом – числовое значение этого параметра. Изменить значение можно, набирая нужное число на клавиатуре.

Способ 4. Ввод параметров балансируемого колеса из БД станка

Для того, чтобы ввести параметры балансируемого колеса из БД, необходимо нажать клавишу ПАМ, при этом на левом информационном индикаторе должна появиться буква «Е», и ввести при помощи клавиатуры выбранный номер записи – он должен индицироваться на правом информационном индикаторе. После этого, нажимая на клавиши РАЗМ, можно просмотреть размеры.

Запись параметров обода в БД. Установленные тем или иным способом параметры обода можно записать в БД. Для этого нужно нажать клавишу $_{F}$-ПАМ+, при этом на левом информационном индикаторе должна появиться буква «С», и ввести номер записи – он должен индицироваться на правом информационном индикаторе.

Измерение. Для проведения измерений требуется раскрутить колесо, для этого:

а) поднимите рычаг раскрутки приводного вала вверх до упора с усилием не более 10 кг;

б) нажмите кнопку пуска электродвигателя;

в) ждите достижения достаточной скорости вращения (звукового сигнала) и начала измерений (гашения информационных индикаторов);

г) опустите кнопку и рычаг;

д) ждите окончания измерения (появления на индикаторах информации);

е) остановите колесо, опустив рычаг торможения приводного вала до упора вниз.

Измерение длится около 12 сек. По его окончании на информационных индикаторах выводится масса корректирующих грузов для каждой плоскости коррекции, а индикаторы положения места установки грузов начинают отслеживать вращение точек установки грузов.

Установка грузов. После остановки колеса следует проворачивать колесо рукой в любом направлении до одновременного свечения четырёх светодиодов, например, на левом индикаторе положения места установки груза, и установить в верхней точке обода колеса в левой плоскости коррекции корректирующий груз массой, указанной на левом информационном индикаторе.

Аналогичные операции выполнить для правой плоскости коррекции, используя информацию, выводимую на правый индикатор положения места установки груза и информационный индикатор.

Если требуемый вес груза превышает 100 г, то не следует стремиться сразу устанавливать несколько грузов для точного соответствия. При количестве грузов больше 2 невозможно закрепить их точно в нужной позиции, и, как следствие, остаточный

дисбаланс будет большим и потребуется дополнительное измерение. Для экономии грузов лучше установить 1 груз с небольшим «недогрузом» или «перегрузом». Тогда, получив небольшой дисбаланс, после следующего измерения можно установить груз с достаточно точным весом.

Для проверки точности балансировки, следует провести ещё одно измерение и, при необходимости, добалансировать колесо, изменяя массы грузов или их положение или добавляя другие грузы.

Округление веса грузов. Вес грузов может выводиться как с округлением до 5 г, так и без округления. Если выведен точный вес, то число имеет десятичную запятую. Если вес округлён, то запятой нет. Переключение режима вывода веса выполняет клавиша ТОЧН.

В режиме округления вес меньше 5 г округляется до 0 г. Можно установить другой предел «обнуления». Для этого следует нажать клавишу $_{F}$–УСТАН и ввести новое значение.

Заводские инструкции по эксплуатации разрешают иметь дисбаланс в пределах массы стандартных грузов: на 13-дюймовом ободе – 10…15 г, на 14-дюймовом и более – 5...10 г на каждую сторону колеса. При этом предпочтительнее недовесить грузов, нежели перетяжелить колесо. Предельно допустимая общая масса всех грузов – 100 г на каждой стороне колеса.

Контрольные вопросы

1. Назначение станка «Мастер».
2. В какой последовательности производится балансировка колеса?
3. Какими способами осуществляется ввод параметров о балансируемом колесе?
4. Порядок ввода параметров типа и размеров колеса.
5. В какой последовательности осуществляется измерение?
6. Как осуществляется установка грузов на колесо?

Занятие 7. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание анализатора герметичности цилиндров АГЦ-2

Цель занятия: изучить прибор АГЦ-2 и освоить практические приемы диагностирования цилиндропоршневой группы (ЦПГ) двигателя.

Оборудование и материалы: прибор АГЦ-2, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучить прибор АГЦ-2. Произвести замеры полного и остаточного вакуума по цилиндрам, полученные значения внести в карту диагностирования ЦПГ (табл. 3). Сравнить полученные данные со значениями данных таблиц 4 и 5. По результатам диагностирования сделать вывод о техническом состоянии ЦПГ двигателя.

Назначение

Анализатор герметичности цилиндров предназначен для оценки технического состояния деталей ЦПГ (компрессионных колец, гильз цилиндров, клапанов газораспределительного механизма) поршневых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) при техническом обслуживании и ремонте двигателей автотранспортной, самоходной сельскохозяйственной, дорожно-строительной и другой техники и стационарного оборудования, оснащённого ДВС.

Область применения:

- при предпродажной оценке двигателя или автомобиля;
- при возникновении рекламационных ситуаций;
- направления, связанные с поиском неисправностей в двигателе;
- при оценке качества ремонта и оценке технического состояния;
- оценка объема плановых технических обслуживаний (ТО);
- при покупке поддержанных автомобилей;
- оценка эффективности применения технологии безразборного восстановления ДВС.

Устройство прибора и принцип работы

В свечное или форсуночное отверстие двигателя устанавливается переходное устройство, к которому подсоединяется анализатор. Производится прокручивание коленчатого вала пусковым устройством. На такте сжатия выдавливаемый из цилиндра поршнем воздух через редукционный комбинированный клапан (рис. 19) выходит в атмосферу.

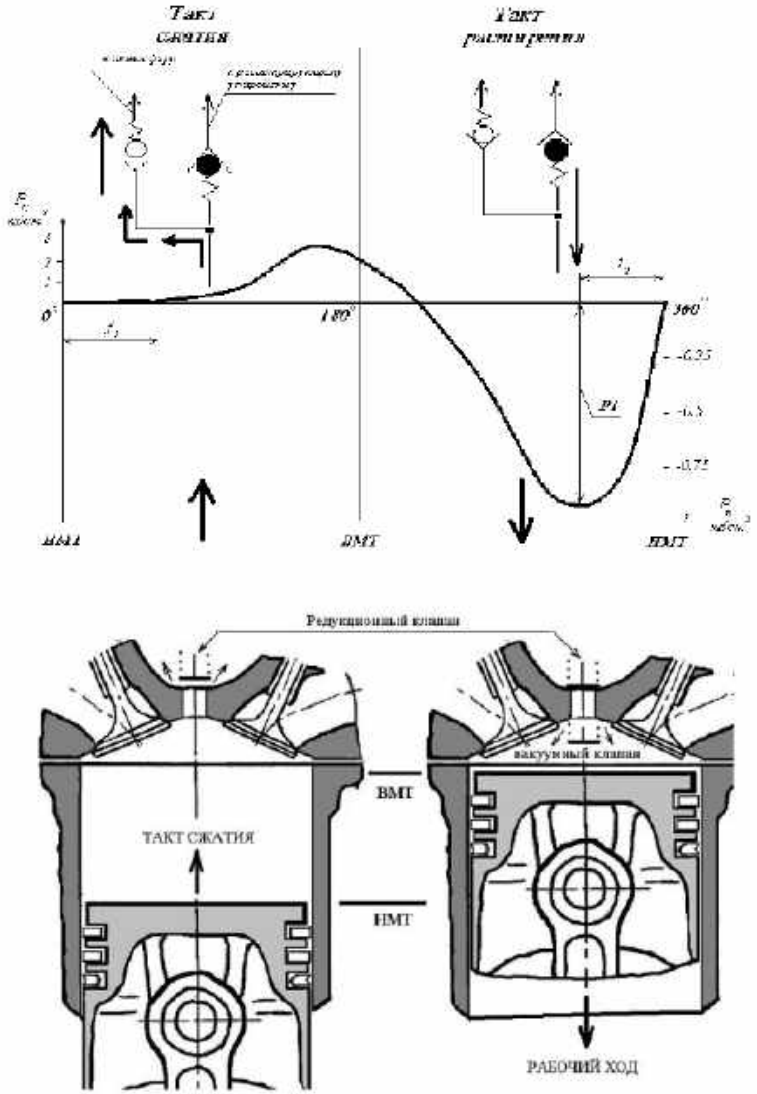


Рис. 19. Принцип измерения величины P_1

При этом в конце такта сжатия избыточное давление в камере сгорания не превышает 2 кг/см^2. На такте расширения открывается вакуумный клапан от воздействия разряжения в цилиндре. В момент открытия выпускного клапана двигателя вакуумный клапан

закрывается, и вакуумметр фиксирует величину максимального разряжения в цилиндре.

Второе значение разряжения получают при изоляции надпоршневого пространства от атмосферы на такте сжатия. Для этого заменяют комбинированный клапан на вакуумный (рис. 22). Второе измерение в совокупности с первым позволяет сделать более полный анализ состояния цилиндропоршневой группы.

Величину максимального разряжения в цилиндре, которое способна создать ЦПГ, называют полным вакуумом P_1.

Благодаря эффекту масляного клина величина полного вакуума при удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов не бывает ниже определенного значения P_{1min} для каждого типа двигателя и практически не зависит от состояния поршневых колец. Поэтому в зависимости от величины полного вакуума P_1 можно сделать вывод о состоянии гильзы цилиндра (эллиптичность, наличие задиров) и сопряжения «клапан-седло» газораспределительного механизма (ГРМ).

Производную от величины потерь давления рабочего тела через кольца в цилиндре ДВС в зоне избыточного давления в цилиндре (рис. 20, заштрихованная область) называют остаточным вакуумом P_2. При удовлетворительном состоянии гильзы цилиндра и герметичности клапанов величина остаточного вакуума характеризует состояние поршневых колец – степень износа, залегание (коксование), поломку перемычек на поршне, поломку колец. Пневмоплотность клапанов, а также наличие трещин в днище поршня и головке блока в большей мере влияют на значение величины P_1.

Основные неисправности, влияющие на герметичность камеры сгорания:

– износ гильзы цилиндра: по диаметру – овальность, по высоте – конусность, бочкообразность, по микрогеометрии рабочей поверхности – задиры, натиры, трещины;

– износ поршня – прогары, оплавления днища поршня, износ, разрушение межкольцевых перемычек;

– поршневые кольца – радиальный износ, износ по высоте, снижение упругости, нарушение подвижности поршневых колец, трещины, поломка компрессионных колец;

– клапаны ГРМ – нарушение герметичности сопряжения «клапан-седло», нарушение тепловых зазоров в клапанном механизме.

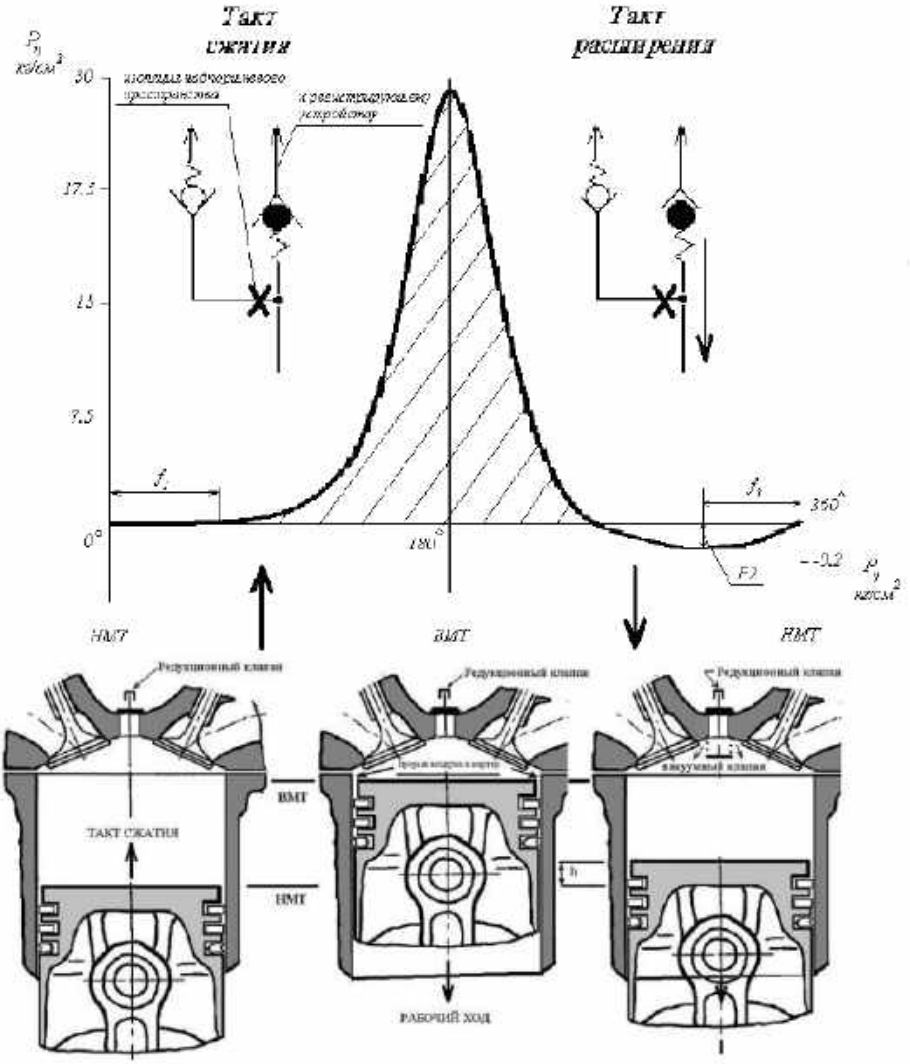


Рис. 20. Принцип измерения величины P_2

Порядок проведения измерений

1) Снять крышку головки цилиндров, проверить тепловые зазоры между торцом стержня клапана газораспределения и толкателем, а также визуально оценить состояние клапанных пружин.

2) Прогреть двигатель до рабочего состояния, оцениваемого по температуре охлаждающей жидкости (80…95°С).

3) С помощью свечного ключа произвести демонтаж свечей зажигания. При этом отметить степень и характер нагарообразования юбок свечей и сделать предварительное заключение о возможном влиянии их на цилиндропоршневую группу. Очистить свечные отверстия от частиц нагара с помощью обтирочной ветоши.

В классических контактных системах зажигания во избежание повреждения катушки зажигания во время прокручивания двигателя стартером необходимо высоковольтный провод катушки замкнуть на «массу», либо отсоединить провода низкого напряжения от катушки зажигания. В системах с индивидуальным распределением высоковольтной энергии необходимо отключить катушки зажигания от бортовой сети.

4) Для удаления частиц нагара, попавших в надпоршневое пространство, произвести кратковременное (2-3 с) прокручивание двигателя стартером.

5) Подготовить анализатор АГЦ-2 для измерения разряжения с выпуском воздуха на такте сжатия в атмосферу – (P_1).

Для этого:

– установить в корпус АГЦ-2 редукционный комбинированный клапан (рис. 21);

– вставить и закрепить в свечном отверстии переходное устройство (ПУ);

– соединить АГЦ-2 с ПУ непосредственно или через гибкий шток;

– прокрутить коленчатый вал стартером или пусковым устройством (3-5 оборотов);

– зафиксировать визуально и записать величину P_1.

В процессе измерения педаль акселератора должна быть полностью нажата.

Произвести аналогичные измерения в остальных цилиндрах, сбрасывая показания по предыдущим измерениям посредством клапана сброса.

6) Подготовить АГЦ-2 для измерения разряжения в цилиндрах с изоляцией надпоршневых пространств от атмосферы на тактах сжатия – (P_2).

Для этого:

– извлечь из корпуса АГЦ-2 клапанный узел с пружиной и заменить его на вакуумный (рис. 22), собрать прибор в обратной последовательности;

– подсоединить анализатор к свечному отверстию проверяемого цилиндра через ПУ непосредственно или через гибкий шток;

– с помощью пускового устройства или стартера прокрутить двигатель, нажимая при этом на клапан сброса в начальный период прокручивания коленчатого вала (1-2 оборота). Зафиксировать визуально значение разряжения;

Значение разряжения P_2 фиксируется только в динамическом режиме (при прокручивании коленчатого вала).

– повторить операции для остальных цилиндров.



Рис. 21. Комбинированный редукционный клапан



Рис. 22. Вакуумный клапан

7) Сравнить измеренные значения и определить возможные неисправности.

КАРТА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЦПГ

Марка автомобиля_____
Год выпуска_____
Пробег_____

Таблица 3

Результаты измерений

Показатели работы двигателя	Значения по цилиндрам					
	1	2	3	4	5	6
Полный вакуум, P_1						
Остаточный вакуум, P_2						

Таблица 4

Параметры состояния цилиндропоршневой группы

Тип двигателя	Номинальные (предельные значения)	
	P_1, кгс/см^2	P_2, кгс/см^2
Для дизеля	0,89…0,94 (0,78)	0,14…0,17 (0,26)
Для карбюраторного двигателя	0,82…0,86 (0,75)	0,16…0,18 (0,32)

Таблица 5

Параметры состояния цилиндропоршневой группы по полному вакууму

	Значение полного вакуума (P_1, кгс/см^2) свидетельствующее о предельном износе гильзы цилиндр	Значение полного вакуума (P_1, кгс/см^2), свидетельствующие о нарушении герметичности сопряжения «клапан-гнездо», ослаблении посадки вставки гнезда, наличии трещины в днище клапана, поршня или перемычки
Для дизеля	0,70…0,78	менее 0,70
Для карбюраторного двигателя	0,64…0,75	менее 0,64

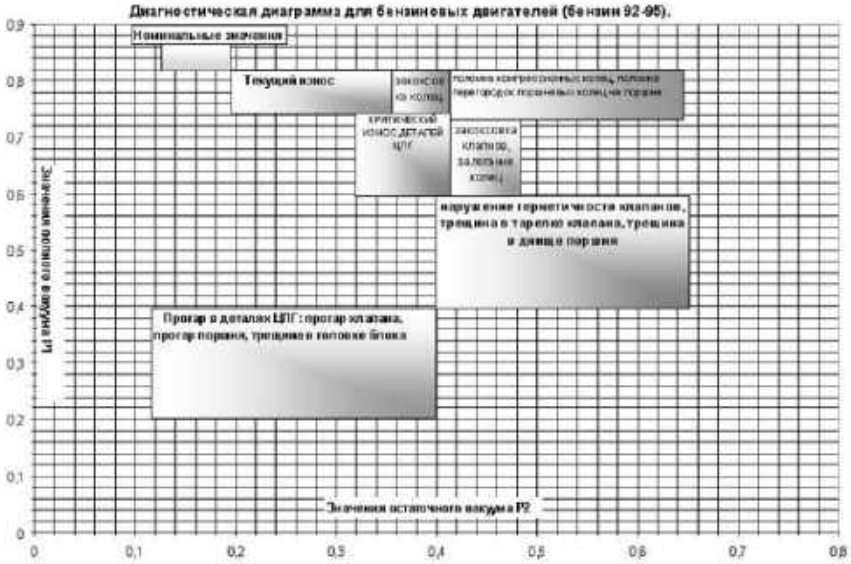


Рис. 23. Диагностическая диаграмма для бензиновых двигателей

Контрольные вопросы

1. Назначение прибора АГЦ-2.
2. Что характеризует полный вакуум?
3. Что характеризует остаточный вакуум?
4. Принцип работы прибора АГЦ-2.
5. Порядок проведения замера полного вакуума прибором АГЦ-2.
6. Порядок проведения замера остаточного вакуума прибором АГЦ-2.

Занятие 8. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание подъемника двухстоечного П-97МК

Цель занятия: изучить устройство, принцип работы подъемника П-97МК, освоить правила его эксплуатации и технического обслуживания.

Оборудование и материалы: подъемник П-97МК, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучите назначение и устройство подъемника. Выполните подъем и опускание автомобиля. Проведите ежедневное техническое обслуживание подъемника П-97МК.

Назначение

Стационарный электромеханический двухстоечный подъемник модели П-97МК (далее подъемник) предназначен для подъема легковых автомобилей собственной массой до 3200 кг при выполнении их технического обслуживания и ремонта. Основные технические характеристики приведены в таблице 6.

Таблица 6

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Грузоподъемность, кг, не более	3200
Тип электродвигателя	АИР 80В4У3
Мощность электродвигателя, кВт, не более	1,5
Высота подъема, мм, не менее	1900
Просвет между стойками, мм, не менее	2700
Время подъема, с, не более	68
Масса подъемника, кг, не более	610

Устройство подъёмника

Подъемник представляет собой напольный подъемный механизм, состоящий из 2-х стоек, установленных на плитах короба. По всей высоте стоек передвигаются каретки с подхватами, подводимыми под технологические точки на днище автомобиля. Передвижение каретки по стойке осуществляется электромеханическим приводом стойки. Для обеспечения синхронного перемещения кареток нижние концы винтов приводов соединены бесконечной цепью.

Стойка представляет собой конструкцию, состоящую из сварного каркаса-стойки *1*, косынки *10* (рис. 24). Стенки стойки являются направляющими поверхностями для перемещения катков *3*, расположенных на каретке *2*.

Каретка *2* представляет собой сварную конструкцию, к нижней части которой на осях крепятся подхваты. Внутри стойки находится винт *13* с трапецеидальной резьбой.

Вращательное движение от электродвигателя *14* через клиноременную передачу передается винту *13* и преобразуется в поступательное вертикальное перемещение грузовой гайки *4*. Грузовая гайка, упираясь в траверсу *6*, перемещает каретку *2*.

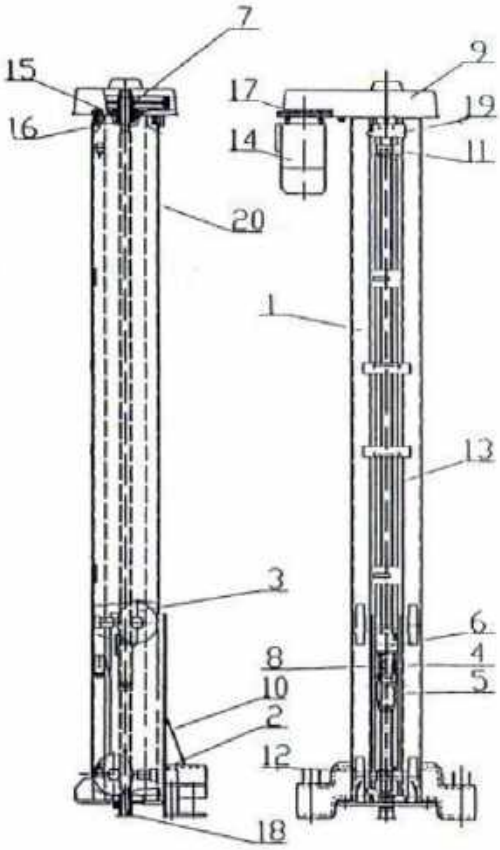


Рис. 24. Стойка подъемника

Натяжение ремней (ремень 1-8,5×8-1250 ГОСТ 5813-93) производится перемещением кронштейна *17* с электродвигателем относительно верхней плиты *15*. Плита верхняя приворачивается к стойке *1* и служит опорой для корпуса *16* подшипникового узла верхней части винта и шкива *7*.

Кожух *9* закрывает ременную передачу от внешних воздействий. Гайка страхующая *5* предназначена для механической страховки в случае износа или обрыва резьбы грузовой гайки *4*. Установлена страхующая гайка под грузовой с зазором *L*, дает возможность разового опускания каретки в нижнее положение.

С внутренней и наружной стороны стойки установлены защитные ограждения *19*, *20*, предохраняющие винтовую передачу от внешних воздействий и защищающие обслуживающий персонал от вращающихся деталей подъемника.

При износе грузовой гайки она опускается на страхующую гайку. Рычаг флажка, установленного на страхующей гайке поднимается, при достижении нижнего положения каретки он нажимает на планку аварийного выключателя *8*, цепь размыкается и таким образом блокируется включение подъемника. В этом случае необходимо заменить грузовую гайку на новую, и только после этого возможна дальнейшая эксплуатация подъемника.

Выключатель верхнего положения каретки *11* и выключатель нижнего положения каретки *12* срабатывают при достижении кареткой соответственно верхнего и нижнего положения, и привод отключается.

На нижнем конце винта установлена звёздочка *18*. На звёздочку надета цепь, которая обеспечивает синхронное вращение винтов стоек подъемника. Натяжение цепи регулируют, раздвигая стойки на основании подъемника.

Задняя часть стойки закрывается ограждением *21*. Отверстия ограждения надеваются на головки заклепок на платиках вверху и внизу стойки. Натяжение ограждения производится поворотом гайки. Аналогично производится натяжение и переднего ограждения.

Основание представляет собой жесткую сварную конструкцию, на которой устанавливают стойки. Основание крепится к бетонному полу фундаментными болтами. Внутри основания размещаются цепь и электрические провода.

Подхваты. Для удобства установки под днищем автомобиля подхват имеет телескопическую конструкцию и состоит из балки поворотной и балки выдвижной. Балка поворотная крепится к каретке на оси, обеспечивающей поворот подхвата. Внутри поворотной балки находится выдвижная балка, которая при выдвижении изменяет общую длину подхвата. Для ограничения хода выдвижной балки на боковой поверхности подхвата предусмотрен резьбовой упор. Этот упор настраивается таким образом, чтобы выдвижная балка свободно перемещалась в продольном направлении, но при достижении максимально допустимого вылета упор не

дает выдвижной балке выдвигаться дальше и выпасть из подхвата. Стопорение положения подхвата производится гайкой.

На конце выдвижной балки установлена винтовая опора, которая непосредственно упирается в днище автомобиля. Винтовая опора имеет возможность регулирования по высоте над уровнем выдвижной балки.

Устройство стопорное обеспечивает фиксацию любого из положений подхвата относительно оси каретки. Небольшой люфт в положении зубчатого сектора обеспечивает бесступенчатую регулировку углового положения опоры подхвата относительно оси поворота. При опускании каретки в нижнее положение происходит автоматическая расфиксация подхватов.

Принцип работы

Подъем автомобиля

1) Заехать на обслуживаемом автомобиле между стойками подъемника посередине (рис. 25).

2) Включить вводный автоматический выключатель на пульте управления.

3) Нажать кнопку ВВЕРХ, произвести подъем на высоту 100...200 мм (расстояние от колес автомобиля до пола), убедиться в правильном и устойчивом положении автомобиля на подхватах, после чего продолжать подъем на нужную высоту.

4) Отключить подъемник от сети вводным автоматическим выключателем (лампочки должны погаснуть). После чего можно приступить к обслуживанию поднятого автомобиля.

Опускание автомобиля

1) Включить подъемник в сеть.

2) Опускание подъемника производится нажатием кнопки ВНИЗ до срабатывания нижнего конечного выключателя.

3) На пульте управления выключить автоматический выключатель. При этом лампочки должны погаснуть.

4) Вывести подхваты из-под автомобиля.

5) В случае выключения электроэнергии при нахождении автомобиля в поднятом положении разрешается опустить автомобиль вручную, для чего:

а) выключить автоматический выключатель (обесточить подъёмник от внезапной подачи электроэнергии);

б) снять кожухи с клиноременных передач (наверху стоек);

в) вращая большие шкивы синхронно против часовой стрелки, опустить автомобиль;

г) поставить кожухи на место.

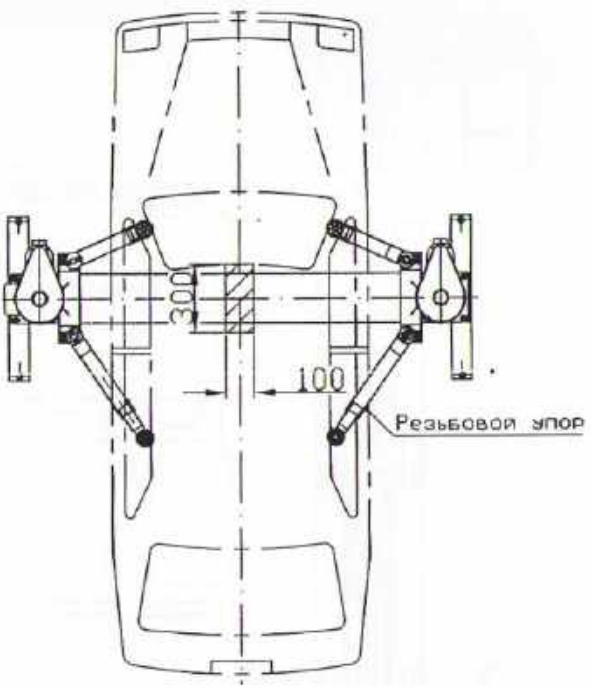


Рис. 25. Схема расположения центра тяжести автомобиля

Техническое обслуживание

Своевременное техническое обслуживание позволяет продлить срок эксплуатации подъёмника.

1) Еженедельно проверять наличие смазки на направляющих поверхностях стоек, в манжете и поверхностях грузовых винтов по всей длине. При необходимости, но не реже 1 раза в месяц, смазывать указанные выше поверхности смазками.

2) Раз в год производить смазку подшипников верхней опоры винта через масленку, установленную в корпусе подшипников, а также цепь и звездочку.

3) Раз в месяц производить проверку и подтяжку резьбовых соединений.

4) Ежедневно проверять четкую и правильную работу конечных и аварийных выключателей на обеих стойках.

5) Раз в месяц производить проверку натяжения ремней ременной передачи. Натяжение регулируется перемещением кронштейна с электродвигателем относительно верхней плиты стойки. Натяжение ремней контролировать величиной прогиба: при усилии на ветвь равном 40 Н прогиб должен быть в пределах 11…18 мм.

6) Постоянно проверять исправное состояние электропроводящих кабелей.

7) Раз в шесть месяцев проводить подтяжку винтов крепления электрооборудования пульта и электропроводов разводки.

8) До начала эксплуатации нового подъемника и в дальнейшем через каждые двенадцать месяцев проводить полное техническое переосвидетельствование.

9) При нормальной работе подъемника не должен наблюдаться повышенный шум механизма подъема, повышенный нагрев винтовой пары.

10) В случае смены ремней, ремни менять комплектно из одной поставки (одной длины).

11) Ежедневно проверять зазор между грузовой и страхующей гайками с точностью до 0,1 мм.

При уменьшении зазора на 1,0 мм необходимо произвести замену грузовой гайки.

Для визуального контроля износа грузовой гайки на ней установлен флажок. Уменьшение зазора между нижней кромкой флажка и скобой на страхующей гайке до нуля свидетельствует о значительном износе грузовой гайки и требует немедленной ее замены.

12) Раз в год удалить старую смазку с трущихся поверхностей, промыть уайт-спиритом и нанести свежую смазку. При эксплуатации подъемника в пыльных помещениях промывку и обновление смазки производить по необходимости, но не реже чем раз в полгода.

Контрольные вопросы

1. Назначение и основные технические характеристики подъемника П-97МК.
2. Устройство подъемника П-97МК.
3. Последовательность операций при подъеме автомобиля.
4. Последовательность операций при опускании автомобиля.
5. Операции ежедневного технического обслуживания подъемника П-97МК.
6. Операции периодического технического обслуживания подъемника П-97МК.

Занятие 9. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание комплекта Э203 для проверки свечей зажигания

Цель занятия: изучить комплект Э203 и освоить практические приемы проверки свечей зажигания.

Оборудование и материалы: комплект Э203, набор ключей, автомобиль.

Задание. Изучите комплект Э203. Определите техническое состояние свечей зажигания и дайте заключение.

Назначение

Комплект модели Э203 предназначен для технического обслуживания перед диагностированием и диагностирования во время эксплуатации искровых свечей зажигания двигателей внутреннего сгорания с резьбой на корпусе М14×1,25 и М18×1,5 и длиной резьбовой части от 12 до 19 мм (табл. 7).

Таблица 7

Технические характеристики

Параметр	Значение параметра
Диапазон измерений давления	0…16 атм
Искровой промежуток контрольного разрядника	12 мм
Пневмопитание Э203-О	4…6 атм
Электропитание Э203-П	220 В
Габариты Э203-О	215×176×288 мм
Масса Э203-О	4 кг
Габариты Э203-П	350×260×105 мм
Масса Э203-П	7 кг

Комплект обеспечивает:

- очистку песком нагара на корпусе, тепловом конусе изолятора и электродах свечи;
- сдув частиц песка после проведения очистки;
- контроль и регулирование зазоров между электродами свечей в диапазоне от 0,6 до 1 мм с интервалом через 0,1 мм;
- испытание свечей на бесперебойность искрообразования;
- испытание свечей на герметичность.

С помощью комплекта могут быть выявлены следующие дефекты свечей: перебои в искрообразовании между электродами, трещины, внутренние пробои или поверхностные перекрытия изолятора, потеря герметичности.

Устройство прибора и принцип работы

Конструктивно комплект выполнен ввиде двух отдельных блоков: прибора для проверки свечей Э203П и приспособления для очистки Э203О. Для контроля и регулирования зазоров между электродами свечей в комплекте имеются комбинированный щуп и ключ для регулировки искрового промежутка.

Принцип действия прибора для проверки свечей основан на визуальном наблюдении искрообразования между электродами свечей через смотровые стекла *6* (рис. 27) воздушной камеры при заданном давлении воздуха, окружающего электроды. Испытательное напряжение подается на свечу *9* от источника высокого напряжения, имитирующего систему зажигания автомобиля, с накоплением энергии в зарядной емкости и передачей ее с помощью тиристорного коммутатора в катушку зажигания. Давление сжатого воздуха в камере создается с помощью ручного пневматического поршневого насоса. Контроль создаваемого давления осуществляется с помощью манометра *3*, а сброс (регулирование) давления – с помощью выпускного вентиля *1*. Отличительной особенностью конструкции данного прибора является то, что наблюдение за ценообразованием возможно через отражающее зеркало *7*, и смотровое стекло как с торца, так и сбоку свечей.

Герметичность свечей проверяется по падению давления в воздушной камере за заданное время.

Для контроля исправности электрической схемы в приборе имеется трехэлектродный шгольчатый разрядник, к которому может подключаться провод от источника высокого напряжения.

При этом визуально проверяется бесперебойность искрообразования на разряднике. Защита питающей сети от радиопомех осуществляется с помощью экранной обмотки трансформатора и проходных конденсаторов, а защита от излучения помех в эфир – наличием в схеме помехоподавительного резистора, находящегося в наконечнике высоковольтного провода, и ограничением длительности работы прибора до 30 с.



Рис. 27. Прибор для проверки свечей Э203П:
1 – вентиль выпуска воздуха; 2 – рукоятка насоса; 3 – манометр;
4 – выключатель; 5 – воздушная камера; 6 – верхнее смотровое стекло;
7 – боковое зеркало; 8 – наконечник высоковольтного провода; 9 – свеча

Очистка от нагара и сдув частиц песка в приспособлении для очистки проводятся последовательно при одной установке свечи в отверстие манжеты пескоструйной головки. Песок при нажатии на кнопку ОЧИСТКА засасывается эжектором из мешка-фильтра и через сопло под давлением подается на свечу. Сдув частиц песка со свечи после проведения очистка производится струей сжатого воздуха, подаваемого через другое сопло головки, при нажатии на кнопку ОБДУВ.

Подготовка комплекта к использованию

При работе прибора следует остерегаться высокого напряжения, которое подается на проверяемую свечу или на контрольный разрядник. Не рекомендуется нажимать кнопку ПРОВЕРКА с неприсоединенным к свече или разряднику высоковольтным проводом, а также оставлять прибор в подключенном состоянии к сети питания при длительных перерывах в работе.

Прибор для проверки свечей рекомендуется устанавливать в наиболее затемненной части помещения, так чтобы на воздушную камеру не падал свет, так как это затруднит визуальное наблюдение искрообразования.

Надеть конец гибкого шланга воздушной магистрали на штуцер приспособления, обозначенный символом ВХОД. Закрепить шланг на штуцере с помощью стяжной ленты, скобы и шплинта из комплекта мотажных частей. Открыть вентиль воздушной магистрали и убедиться в отсутствии утечки воздуха через соединение. Последовательно нажать на кнопки ОЧИСТКА и ОБДУВ и убедиться в интенсивном выходе струи воздуха через сопла. Засыпать в мешок-фильтр просушенный песок примерно на одну четвертую часть его объема и установить на головку, закрепив стяжной лентой. Установить на корпус головки защитный экран и, надев защитные очки, убедиться в работе приспособления, нажав на кнопку ОЧИСТКА на 2-3 с. При этом должен наблюдаться интенсивный выброс песка наружу.

Установить в отверстие головки манжету, соответствующую диаметру резьбы на корпусе свечи и закрепить крышкой. Произвести очистку свечей от нагара в течение 10 с, нажимая на кнопку ОЧИСТКА. При этом свечу надо покачивать в манжете, отклоняя ее в разные стороны от вертикального положения на угол около 5°. Затем следует нажать на кнопку ОБДУВ на 10-15 с для сдува

частиц песка. Убедиться в качестве очистки нагара и сдува частиц песка путем визуального осмотра. Поверхности свечи после проведенной очистки должны иметь матовый цвет металла без следов нагара. Если на поверхностях остались следы нагара, то очистку следует повторить. Приспособление считается работающим нормально, если после очистки за заданное время (10 с) дополнительной очистке необходимо будет подвергнуть не более двух свечей из пяти отобранных в партию. Закрыть вентиль подачи воздуха к приспособлению.

Включить прибор в сеть, открыть крышку, закрывающую разрядник, и присоединить наконечник высоковольтного провода к выводу контрольного разрядника. Нажать кнопку ПРОВЕРКА и наблюдать за искрообразованием между электродами. Искрообразование должно быть бесперебойным в течение 30 с. Отпустить кнопку ПРОВЕРКА.

Плотно закрыть вентиль выпуска воздуха, вращая головку винта по часовой стрелке. Качать рукоятку насоса, следя за нарастанием давления воздуха в системе по манометру. Давление не менее чем 1 МПа (10 кгс/см^2) в системе должно создаваться не более чем за 10 рабочих ходов поршня.

Если будет наблюдаться спад давления, то необходимо найти и устранить неплотности в соединениях. Пневматическая система может считаться нормальной, если по манометру не будет обнаруживаться падение давления от первоначального значения за время 30 с. Выпустить воздух из системы, вращая головку винта вентиля против часовой стрелки.

Порядок проведения измерений

Очистка свечей. Если рабочая камера свечи имеет слой нагара, ее очищают песком в приспособлении для очистки, а затем обдувают сжатым воздухом. Для этого необходимо: подобрать соответствующую по диаметру манжету и установить ее под крышку приспособления для очистки, закрепить с помощью винтов; вставить свечу в отверстие манжеты и нажать кнопку ОЧИСТКА на 10 с.

При этом свечу следует покачивать, отклоняя от вертикального положения на угол около 5° в разные стороны. Не вытаскивая свечу из манжеты, отпустить кнопку ОЧИСТКА и нажать кнопку ОБДУВ на время 10-15 с для сдува частиц песка; отпустить кнопку ОБДУВ и вытащить свечу из манжеты.

Визуально проверить качество очистки от нагара и, если нагар удален не полностью, очистку следует повторить. Не рекомендуется увеличивать время очистки свыше 10 с, так как песок абразивно изнашивает электроды и поверхность теплового конуса.

Не рекомендуется также просушивать свечи на открытом пламени или в печи при температуре свыше 400°С, так как это может привести к нарушению герметичности ее соединений или к порче изолятора. Установить с помощью ключа и универсального щупа, входящих в комплект, нормальный зазор между электродами, путем подгибки бокового электрода.

Проверка свечей. Подобрать переходник (при необходимости) и уплотнительные кольца из комплекта принадлежностей в соответствии с проверяемой партией свечей, ввернуть проверяемую свечу в воздушную камеру прибора. Плотно затянуть. Плотно закрыть вентиль выпуска воздуха, вращая головку винта вентиля по часовой стрелке до упора.

Качать рукоятку насоса, следя за нарастанием давления по манометру. Если будет наблюдаться спад давления, то следует увеличить усилие затяжки свечи в камере.

Создать давление воздуха в камере 1,05±0,05 Мпа (10,5±0,5 кгс/см^2), наблюдать при этом за показаниями манометра.

Допускаемое падение давления на 0,05 МПа (0,5 кгс/см^2) от первоначального для свечей с герметизацией соединения изолятор-центральный электрод на основе термоцемента – 10 с, остальных типов – 1 мин. Быстрый спад давления свидетельствует о том, что свеча не обладает нужной герметичностью.

Включить прибор в сеть питания и надеть наконечник высоковольтного провода на вывод свечи.

Установить с помощью вентиля давление воздуха в камере, руководствуясь таблицей 8.

Таблица 8

Значение испытательного давления от зазора между электродами

Зазор между электродами, мм	Ед. измерения	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Испытательное давление	МПа	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
	кгс/см^2	10	9	8	7	6	5

Нажать кнопку ПРОВЕРКА и наблюдать за искрообразованием между электродами свечи через верхнее смотровое стекло и боковое отражающее зеркало. У нормально работающей свечи визуально должно наблюдаться бесперебойное искрообразование между электродами. Через боковое зеркало должен наблюдаться светлый ореол вокруг центрального электрода.

При пробое изолятора через боковое зеркало будут видны искры пробоя. Через верхнее смотровое стекло у неисправной свечи будут наблюдаться перебои в образовании искр. Пробой изолятора по поверхности также будет обнаруживаться визуально.

При бесперебойном искрообразовании при заданном давлении свечи исправны и пригодны для дальнейшей эксплуатации.

Если будут обнаружены перебои в искрообразовании, следует с помощью вентиля снизить давление в воздушной камере, руководствуясь таблицей 9, и снова нажать кнопку ПРОВЕРКА.

Таблица 9

Значение испытательного давления от зазора между электродами при повторной проверке

Зазор между электродами, мм	Ед. измерения	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Испытательное давление	МПа	0,7	0,6	0,5	0,45	0,4	0,35
	кгс/см^2	7	6	5	4,5	4	3,5

Если при этом искрообразование будет бесперебойным, то свечу можно устанавливать на двигатель для дальнейшей эксплуатации, но при этом ее ресурс будет ниже, чем у исправной. Если и при уменьшенном давлении будут наблюдаться перебои в искрообразовании, то такие свечи следует выбраковать. Для удобства пользования на панели прибора нанесена таблица, содержащая нормативные значения испытательного давления воздуха в зависимости от зазора между электродами.

Техническое обслуживание

Рекомендуется ежедневно или перед испытаниями очередной партии свечей проверять исправность электрической схемы прибора для проверки свечей путем работы на контрольный разрядник

в течение 30 с. Если время очистки превышает 10 с, то песок следует просушить. При этом следует вытряхнуть пыль из мешка-фильтра и добавить песок, если его уровень уменьшился. Ежегодно у прибора для проверки свечей необходимо измерять сопротивление изоляции между корпусом и выводами вилки сетевого кабеля. Сопротивление изоляции должно соответствовать норме.

Контрольные вопросы

1. Назначение комплекта Э203.
2. Принцип работы комплекта Э203.
3. Как производится очистка свечей зажигания прибором Э203О?
4. Как осуществляется проверка свечей зажигания прибором Э203П?
5. Порядок подготовки комплекта к использованию.

Занятие 10. Виды эксплуатационных документов

Цель занятия: изучить основные виды эксплуатационной документации на технологическое оборудование.

Оборудование и материалы: методические указания.

Задание. Изучите и законспектируйте основные виды эксплуатационной документации на технологическое оборудование.

Согласно ГОСТ 2.601-2013 «Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Эксплуатационные документы»:

Эксплуатационный документ (ЭД) – конструкторский документ, который в отдельности или в совокупности с другими документами определяет правила эксплуатации изделия и/или отражает сведения, удостоверяющие гарантированные изготовителем значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, гарантии и сведения по его эксплуатации в течение установленного срока службы.

ЭД предназначены для эксплуатации изделий, ознакомления с их конструкцией, изучения правил эксплуатации (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования), отражения сведений, удостоверяющих гарантированные изготовителем значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, гарантий и сведений по его эксплуатации за весь период (длительность и условия

работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные), а также сведений по его утилизации.

ЭД могут быть выполнены как бумажные и/или как электронные КД. Документы одного вида и наименования, независимо от формы выполнения, являются равноправными и взаимозаменяемыми

К ЭД относят текстовые, графические и аудиовизуальные (мультимедийные) КД, которые в отдельности или в совокупности дают возможность ознакомления с изделием и определяют правила его эксплуатации.

В ЭД, поставляемых с изделием, должна содержаться следующая информация:

- наименование страны-изготовителя и предприятия-изготовителя;
- наименование и обозначение изделия;
- основное назначение, сведения об основных технических данных и потребительских свойствах изделия;
- правила и условия эффективного и безопасного использования, хранения, транспортирования и утилизации изделия;
- ресурс, срок службы и сведения о необходимых действиях потребителя по его истечении, а также информация о возможных последствиях при невыполнении указанных действий (сведения о необходимых действиях по истечении указанных ресурсов, сроков службы, а также возможных последствиях при невыполнении этих действий приводят, если изделие по истечении указанных ресурса и сроков может представлять опасность для жизни, здоровья потребителя (пользователя), причинять вред его имуществу или окружающей среде либо оно становится непригодным для использования по назначению. Перечень таких изделий составляют в установленном порядке);
- гарантии изготовителя (поставщика) (в установленном законодательством порядке);
- сведения о сертификации (при наличии);
- сведения о приемке;
- юридический адрес изготовителя (поставщика) и/или продавца;
- сведения о цене и условиях приобретения изделия (приводит, при необходимости, изготовитель, поставщик либо продавец). Для изделий, разрабатываемых и/или поставляемых по заказам Министерства обороны, эти сведения и условия не приводят.

Виды эксплуатационных документов

Руководство по эксплуатации – документ, содержащий сведения о конструкции, принципе действия, характеристиках (свойствах) изделия, его составных частях и указания, необходимые для правильной и безопасной эксплуатации изделия (использования по назначению, технического обслуживания, текущего ремонта, хранения и транспортирования) и оценок его технического состояния при определении необходимости отправки его в ремонт, а также сведения по утилизации изделия и его составных частей.

Инструкция по монтажу, пуску, регулированию и обкатке изделия – документ, содержащий сведения, необходимые для монтажа, наладки, пуска, регулирования, обкатки и сдачи изделия и его составных частей в эксплуатацию на месте его применения.

Формуляр – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения, отражающие техническое состояние данного изделия, сведения о сертификации и утилизации изделия, а также сведения, которые вносят в период его эксплуатации (длительность и условия работы, техническое обслуживание, ремонт и другие данные).

Паспорт – документ, содержащий сведения, удостоверяющие гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, а также сведения о сертификации и утилизации изделия.

Этикетка – документ, содержащий гарантии изготовителя, значения основных параметров и характеристик (свойств) изделия, сведения о сертификации изделия

Каталог изделия – документ, содержащий перечень деталей, сборочных единиц, комплексов и комплектов изделия с иллюстрациями и сведения об их количестве, расположении в изделии, взаимозаменяемости, конструктивных особенностях, материалах и др.

Нормы расхода запасных частей – документ, содержащий номенклатуру запасных частей изделия и их количество, расходуемое на нормируемое количество изделий за период их эксплуатации.

Нормы расхода материалов – документ, содержащий номенклатуру материалов и их количество, расходуемое на нормированное количество изделий за период их эксплуатации.

Ведомость комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей – документ, содержащий номенклатуру, назначение, количество и места укладки запасных частей, инструментов, принадлежностей и материалов, расходуемых за срок службы изделия.

Учебно-технические плакаты – документы, содержащие сведения о конструкции изделия, принципах действия, приемах использования, техническом обслуживании, областях технических знаний с необходимыми иллюстрациями

Инструкции эксплуатационные специальные – документы, содержащие специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, оформленные в виде самостоятельных частей ЭД или в виде приложений к ним.

Ведомость эксплуатационных документов – документ, устанавливающий комплект эксплуатационных документов и места укладки документов, поставляемых с изделием или отдельно от него.

В зависимости от особенностей изделия, объема сведений по нему и условий эксплуатации допускается:

- разделять документ на части в соответствии с ГОСТ;
- разрабатывать объединенные ЭД (допускается выпускать на изделие один ЭД).

Объединенному ЭД присваивают наименование и код вышестоящего документа.

Степень деления ЭД на части, разделы, подразделы и пункты определяет разработчик изделия в зависимости от объема помещаемых в ЭД сведений.

Допускается отдельные части, разделы и подразделы ЭД объединять или исключать, а также вводить новые.

На конструктивно простейшие изделия, объем сведений по которым незначителен, ЭД допускается не составлять, а необходимые сведения размещать (маркировать) на самом изделии или на фирменной табличке, прикрепляемой к нему.

Специальные требования, относящиеся к использованию по назначению, техническому обслуживанию, текущему ремонту, хранению, транспортированию и утилизации, для удобства использования допускается оформлять в виде самостоятельных частей ЭД, приложений к ним или специальных инструкций. В качестве самостоятельных частей и приложений к документам, как правило, выполняют:

- памятки по обращению с изделием;

- специальные формуляры (например, формуляр шумности, по аварийно-спасательному обеспечению);

- ведомости (например, ведомости размещения ЗИП, имущества);

- нормировочные документы (например, нормы времени, трудоемкости выполнения отдельных работ);

- сервисные книжки по обслуживанию изделия, гарантийные талоны;

- спецификации комплектов специального назначения.

В качестве специальных инструкций, как правило, выполняют:

- инструкции для отдельных специалистов обслуживающего персонала;

- инструкции по мерам безопасности;

- инструкции по проверке специальных контрольно-измерительных приборов и оборудования;

- инструкции по проведению специальных работ, проверок и испытаний изделий на промежуточных пунктах (базах, складах);

- инструкции по утилизации, инструкции по переводу изделия в категорию утилизируемого;

- инструкции по защите информации и др.

Контрольные вопросы

1. Что такое руководство по эксплуатации.
2. Какие сведения содержатся в формуляре?
3. Перечислите основные виды эксплуатационных документов?
4. Для чего предназначены эксплуатационные документы?
5. . Какие сведения содержатся в паспорте?

Приложения

Приложение 1

Рекомендуемые скорости движения машинно-тракторных агрегатов

Наименование производственного процесса	Рекомендуемая скорость, км/ч
Вспашка обычными плугами	4-8
Вспашка скоростными плугами	6-10
Глубокое рыхление плоскорезами	7-11
Поверхностная обработка плоскорезами	7-12
Культивация пара	7-10
Лущение дисковыми лущильниками	6-10
Боронование зубовыми боронами	5-10
Прикатывание катками	7-12
Посев зерновыми сеялками	7-12
Посев сеялками-культиваторами	5-7
Посев свеклы	6-9
Посадка картофеля	4-6
Посев кукурузы	6-9
Разбрасывание минеральных удобрений	9-15
Разбрасывание органических удобрений	7-9
Междурядная культивация пропашных: – первая – вторая и последующие	4-9 7,5-10
Рыхление междурядий сахарной свеклы и окучивание картофеля	4-6
Косьба зерновых рядковыми жатками в валки	6-10
Подбор валков	5-8
Прямое комбайнирование	4-8
Уборка кукурузы	5-9
Уборка сахарной свеклы комбайном	2,5-8,5
Уборка картофеля комбайном	1,5-4,5
Кошение трав на сено	5-10
Уборка трав косилками-измельчителями	5-10
Подбор и прессование сена и соломы	5-9
Снегозадержание	6-10

Приложение 2

Передаточные числа трансмиссии тракторов

Передача	Марка трактора							
	К-744 Р		К-744 Р1		К-744 Р2		К-744 Р3	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	5,08	126,11	5,08	126,11	5,08	126,11	5,08	126,11
2	6,15	104,01	6,15	104,01	6,15	104,01	6,15	104,01
3	7,43	86,12	7,43	86,12	7,43	86,12	7,43	86,12
4	8,29	77,17	8,29	77,17	8,29	77,17	8,29	77,17
5	8,92	71,73	8,92	71,73	8,92	71,73	8,92	71,73
6	10,05	63,67	10,05	63,67	10,05	63,67	10,05	63,67
7	12,13	52,79	12,13	52,79	12,13	52,79	12,13	52,79
8	14,60	43,85	14,60	43,85	14,60	43,85	14,60	43,85
9	10,90	58,75	10,90	58,75	10,90	58,75	10,90	58,75
10	13,22	48,41	13,22	48,41	13,22	48,41	13,22	48,41
11	15,94	40,16	15,94	40,16	15,94	40,16	15,94	40,16
12	19,21	33,32	19,21	33,32	19,21	33,32	19,21	33,32
13	17,89	35,78	17,89	35,78	17,89	35,78	17,89	35,78
14	21,73	29,46	21,73	29,46	21,73	29,46	21,73	29,46
15	26,07	24,55	26,07	24,55	26,07	24,55	26,07	24,55
16	31,47	20,34	31,47	20,34	31,47	20,34	31,47	20,34

Продолжение приложения 2

Передача	Марка трактора							
	К-701		МТЗ-82.1		МТЗ-900		МТЗ-1221	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**
1	2,92	197,98	2,47	241,95	2,29	261,42	1,83	311,2
2	3,54	163,46	4,21	142,10	2,46	242,61	1,96	291,85
3	4,27	135,60	6,99	85,55	2,67	223,88	2,09	272,57
4	5,14	112,65	8,79	68,00	2,91	205,15	2,25	253,28
5	7,13	81,12	10,41	57,43	3,21	186,42	2,44	233,99
6	8,65	66,93	12,19	49,06	3,57	167,69	2,66	214,70
7	10,42	55,54	14,97	39,94	4,01	148,96	2,92	195,41
8	12,56	46,08	17,73	33,73	4,59	130,23	3,24	176,12
9	7,92	73,06	32,98	18,13	5,36	111,50	3,64	156,83
10	9,60	60,27	0,73	816,58	6,45	92,77	4,15	137,54
11	11,59	49,93	1,25	479,59	8,08	74,04	4,83	118,25
12	13,94	41,52	-	-	10,81	55,31	5,77	98,96
13	19,44	29,76	-	-	16,35	36,58	7,16	79,67
14	23,59	24,53	-	-	33,50	17,85	9,45	60,38
15	28,48	20,32	-	-	-	-	13,89	41,09
16	34,06	16,99	-	-	-	-	26,18	21,8

Продолжение приложения 2

Передача	Марка трактора							
	МТЗ-1523		ЛТЗ-155		ХТЗ-17421		Т-151К	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**
1	1,58	360,61	1,83	282,18	3,05	186,74	3,20	177,70
2	1,69	337,81	2,01	257,00	3,31	171,73	3,48	163,53
3	1,81	315,06	2,15	239,80	3,63	156,76	3,81	149,41
4	1,95	292,31	2,32	222,60	4,01	141,79	4,20	135,29
5	2,12	269,56	2,51	205,40	4,48	126,82	4,69	121,17
6	2,31	246,81	2,74	188,20	5,09	111,85	5,31	107,05
7	2,55	224,06	3,02	171,00	5,87	96,88	6,12	92,93
8	2,84	201,31	3,36	153,80	6,94	81,91	7,22	78,81
9	3,20	178,56	3,78	136,60	8,50	66,94	8,79	64,69
10	3,66	155,81	4,32	119,40	10,94	51,97	11,25	50,57
11	4,29	133,06	5,05	102,20	15,37	37,00	15,60	36,45
12	5,17	110,31	6,08	85,00	25,82	22,03	25,47	22,33
13	6,52	87,56	7,62	67,80	-	-	-	-
14	8,81	64,81	10,21	50,60	-	-	-	-
15	13,57	42,06	15,46	33,40	-	-	-	-
16	29,56	19,31	31,88	16,20	-	-	-	-

Окончание приложения 2

Передача	Марка трактора							
	ХТЗ-150-05-09		ВТ-100Д		ВТ-150		Т-4А.01	
	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T	V_T	i_T
1	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**
1	4,26	70,99	3,60	65,55	3,80	67,48	2,22	109,70
2	4,69	64,55	3,93	60,05	4,15	61,72	2,43	100,37
3	5,20	58,15	4,33	54,56	4,58	56,02	2,67	91,09
4	5,84	51,75	4,81	49,07	5,10	50,32	2,98	81,81
5	6,67	45,35	5,42	43,58	5,75	44,62	3,36	72,53
6	7,76	38,95	6,20	38,09	6,59	38,92	3,85	63,25
7	9,29	32,55	7,25	32,60	7,72	33,22	4,51	53,97
8	11,57	26,15	8,71	27,11	9,32	27,52	5,45	44,69
9	15,31	19,75	10,92	21,62	11,75	21,82	6,88	35,41
10	-	-	14,64	16,13	15,91	16,12	9,32	26,13

Приложение 3

Основные технические характеристики тракторов

Показатели	Марка трактора			
	К-744 Р	К-744 Р1	К-744 Р2	К-744 Р3
1	2	3	4	5
Марка двигателя	ЯМЗ-238НД4	ЯМЗ-238НД5	ЯМЗ-8481.10	ЯМЗ-8481.10-02
Тяговый класс	5	5	5	8
Ne_H, кВт	184	220	257	287
n_H, мин$^{-1}$	1900	1900	1900	1900
ge_H, г/кВтч	220	220	220	231
G_{TP}, кг	15060	15060	15680	17500
Габариты	7,25×2,85	7,25×2,85	7,25×2,83	7,35×4,65
r_0, м	0,332	0,332	0,332	0,332
h, м	0,720	0,720	0,720	0,720

Продолжение приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	К-701	МТЗ-82.1	МТЗ-900	МТЗ-1221
1	6	7	8	9
Марка двигателя	ЯМЗ-238	Д-243	Д-243	Д-260.2
Тяговый класс	5	1,4	1,4	2
Ne_H, кВт	220	60	60	96
n_H, мин$^{-1}$	1900	2200	2200	2100
ge_H, г/кВтч	225	220	220	228
G_{TP}, кг	12500	3900	3720	4640
Габариты	7,40×2,88	3,93×1,97	3,83×1,97	4,6×2,25
r_0, м	0,332	0,483	0,483	0,483
h, м	0,610	0,305	0,305	0,305

Продолжение приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	МТЗ-1523	ЛТЗ-155	ХТЗ-17421	Т-151К
1	10	11	12	13
Марка двигателя	Д-260.1	Д-442-47	СМД-31Т	СМД-63
Тяговый класс	2	2	3	3
Ne_H, кВт	114	88	147	128,7
n_H, мин$^{-1}$	2100	1850	2100	2100
ge_H, г/кВтч	228	220	241	237
G_{TP}, кг	5000	5600	9040	8980
Габариты	4,75×2,25	4,67×2,35	6,58×2,46	6,13×2,48
r_0, м	0,483	0,483	0,305	0,305
h, м	0,305	0,330	0,530	0,530

Окончание приложения 3

Показатели	Марка трактора			
	ХТЗ-150-05-09	ВТ-100Д	ВТ-150	Т-4А.01
1	**14**	**15**	**16**	**17**
Марка двигателя	ЯМЗ-236Д3	Д-442-24	Д-442-24ВИ	А-01МСИ
Тяговый класс	3	3	3	4
Ne_H, кВт	128,7	88	110	95,6
n_H, мин$^{-1}$	2100	1750	1900	1700
ge_H, г/кВтч	220	220	220	220
G_{TP}, кг	8150	7580	7720	8870
Габариты	5,00×1,88	5,33×1,85	5,40×1,85	4,65×1,95
r_0, м	0,382	0,358	0,358	0,380
h, м	-	-	-	-

Приложение 4

Коэффициенты сцепления трактора с почвой (μ) и сопротивления перекатыванию (качению) тракторов (f)

Условия движения	Трактор			
	Колёсный		Гусеничный	
	μ	f	μ	f
Шоссейная дорога	0,6-0,9	0,014-0,04	1,0	0,01
Сухая укатанная грунтовая дорога	0,6-0,8	0,03-0,05	0,9-1,0	0,05-0,07
Грунтовая неровная дорога	-	0,05-0,10	-	-
Снежная укатанная дорога	0,3	0,03-0,05	0,6	0,06-0,07
Целина, залежь, плотная дернина, сильно уплотненная стерня	0,8-0,9	0,03-0,06	1,0	0,05-0,07
Стерня нормальной влажности, поле из-под кукурузы	0,7-0,8	0,06-0,08	0,9-1,0	0,07-0,09
Влажная стерня	0,6-0,7	0,08-0,10	0,9	0,08-0,11
Слежавшаяся пашня	0,5-0,6	0,10-0,12	0,7	0,07-0,08
Подготовленное под посев поле, чистый пар	0,5-0,7	0,16-0,20	0,6-0,7	0,10-0,12
Свежевспаханное поле	0,4-0,5	0,18-0,22	0,6	0,12-0,14
Влажный луг	0,5-0,7	0,08-0,10	0,6-0,8	0,09-0,11
Песок влажный	0,4	0,08-0,10	0,5	-
Песок сухой	0,3	0,15-0,20	0,4	0,10-0,12
Глубокая грязь	0,1	-	0,3-0,5	0,10-0,25
Глубокий снег	-	0,24-0,28	-	0,09-0,12

Приложение 5

Буксование ведущего аппарата трактора в % на различных передачах в зависимости агрофона

Агрофон	Гусеничные тракторы				Колёсные тракторы			
	Передачи							
	1	2	3	4	1	2	3	4
Культи-вированное поле	5,0-6,0	3,5-4,5	2,0-3,0	1,5-2,0	25,0-30,0	18,0-20,0	13,0-15,0	10,0-12,0
Стерня	3,0-4,0	2,0-3,0	1,2-1,6	0,5-1,0	18,0-22,0	12,0-15,0	9,0-11,0	6,0-8,0
Залежь	2,0-3,0	1,5-2,0	1,0-1,2	0,6-0,8	14,0-16,0	10,0-12,0	6,0-8,0	3,0-5,0

Приложение 6

Удельные сопротивления сельскохозяйственных машин

Наименование операции	Сельскохозяйственная машина	Удельное сопротивление k, кН/м
1	2	3
Боронование	Борона зубовая тяжёлая	0,40-0,70
	Борона зубовая средняя	0,30-0,60
	Борона сетчатая и шлейф борона	0,45-0,65
	Борона пружинная и лапчатая	1,00-1,8
	Борона дисковая	1,60-2,20
	Борона игольчатая	0,45-0,80
Сплошная культивация	Культиватор штанговый	1,60-2,60
	Культиватор паровой (6-8 см)	1,60-3,00
	Культиватор паровой (10-12 см)	1,20-1,60
Глубокое рыхление	Культиватор-глубокорыхлитель	8,00-13,00
Обработка плоскорезами	Культиватор-плоскорез	4,00-6,00
Лущение стерни	Лущильник дисковый (8-10 см)	1,20-2,60
	Лущильник лемешный (10-14 см)	2,50-6,00
	Лущильник лемешный (14-18 см)	6,00-10,00
Рядовой посев зерновых культур	Сеялка дисковая	1,10-1,60
	Сеялка узкорядная	1,50-2,50
	Сеялка-лущильник	1,20-2,80
	Сеялка зернопрессовая	1,20-1,80
Посев кукурузы	Сеялка кукурузная	1,00-1,40
Прикатывание	Каток гладкий водоналивной	0,55-1,20
	Каток кольчато-шпоровый	0,60-1,00
Междурядная обработка	Культиватор со стрельчатыми лапами и бритвами	1,20-1,80

Окончание приложения 6

1	2	3
Рыхление междурядий кукурузы и подсолнечника	Культиватор-растениепитатель	1,30-1,60
Кошение трав	Косилка с приводом от ВОМ	0,70-1,10
	Косилка от ходовых колёс	0,90-1,40
	Косилка-измельчитель	0,80-1,30
Сгребание трав	Грабли поперечные	0,50-0,75
	Грабли-валкообразователи	0,70-0,90
Кошение зерновых культур	Жатка рядковая прицепная	1,20-1,50
Уборка кукурузы	Кукурузоуборочный комбайн	1,50-1,70
	Силосоуборочный комбайн	1,20-1,60
Уборка корнеплодов	Свеклоподъёмник	3,00-4,00
	Копатель корнеплодов	6,50-7,50
Дискование пашни	Дисковая борона	4,00-8,00
Разбрасывание минеральных удобрений	Туковая сеялка	0,30-0,40
Опрыскивание	Опрыскиватель навесной	0,15-0,20
	Гербицидно-аммиачная машина	0,10-0,20
Подбор сена	Пресс-подборщик	0,40-0,50
	Подборщик-копнитель	0,40-0,50
	Подборщик-стогообразователь	1,20-1,40
	Подборщик-укладчик	0,70-0,80
Снегозадержание	Снегопах	5,30-5,50

Приложение 7

Машины для механизации процессов в растениеводстве

Наименование машины	Марка	Ширина захвата, м	Масса, кг
1	2	3	4
Плуги	ПП-9-40	До 3,7	2160
	ПП-9-35	3,15	3650
	ПРУН-8-45	3,60	1974
	ПЛП-6-35	2,1	1230
	ПЛ-5-40	1,75-2,25	1630
	ПНУ-8-40	3,2	2400
	ПЛН-5-40	2,0	905
	ПН-3-35	1,05	445
Плоскорезы-глубокорыхлители	ПГ-3С	3,1	950
	ПГ-2С	2,1	606
	ПГН-5	5,25	1650
	ПГН-3	3,18	1277

Продолжение приложения 7

1	2	3	4
Культиваторы	КПШ-20	20	3500
	КПШ-9	9,5	2800
	КШУ-12	8	2950
	КШУ-4	4	760
	КСТ-2,2	2,2	975
	КПЭ-3,8Г	3,91	830
	КПС-4	4	927
	КСО-4	4	1040
Культиваторы для междурядной обработки почвы	КРН-4,2Б	4,2	1190
	КРН-5,6Б	5,6	1530
	КРН-8,4	8,4	1597
Бороны	БДТ-10	10	4100
	БДТ-7А	7	4587
	БДТ-5,2	5,2	4150
	БДН-3,0	3,0	684
	БЗСС-1,0	0,98	37,8
	БЗТС-1,0	0,98	43,7
	БМШ-20	20	8600
	БМШ-15	15	6800
Катки	КВП-3,8	7,2-8,2	680
	ЗККШ-6	6,1	1950
	КЗК-10	10,0	4300
	ЗКВГ-1,4	4,0	790
Лущильники	ЛДГ-20	20	5430
	ЛДГ-15А	15	3150
	ЛДГ-10А	10	2480
	ЛДГ-5А	5,5-6,2	1200
	ППЛ-10-25	2,5	1265
	ППЛ-5-25	1,25	455
Машины для внесения минеральных удобрений	МВУ-5	7-17	2170
	РДУ-1,5	10-28	450
	РУН-0,5Н	8-24	200
	МТТ-4У	16-24	2550
	РЖТ-4М	11-12	2220
Машины для внесения органических удобрений	ПРТ-16М	7-8	5325
	ПРТ-10	6,5-7	3970
	ПРТ-7А	5-8	2850
	ПРТ-11	5-8	4070
	РОУ-6М	4-8	2170
	РУН-15Б	35,0	1750
Опрыскиватели	ОП-2000	16-24	1020
	ОП-22	22,6	850
	ОМП-2001	18	1200

Окончание приложения 7

1	2	3	4
Снегопах-валкователь	СВШ-7-01	7,2	2900
Снегопах-валкообразователь	СВУ-2,6А	2,6	850
Сеялка зернотуковая	СЗ-3,6А	3,6	1380
Сеялка зернотуковая прессовая	СЗП-3,6А	3,6	1839
Сеялка зернотукотравяная	СЗТ-3,6А	3,6	2370
Сеялки-культиваторы зернотуковые	СЗС-12 СРС-6	12,3 6,15	8300 4334
Сеялка кукурузная пневматическая	СУПН-8А	5,6	1215

Приложение 8

Характеристика сцепок

Марка сцепки	Фронт сцепки, м	Наибольшая ширина захвата, м	Масса сцепки, Н.	Назначение
С-11У (колеса металлические)	14,4	11,0	7000	Бороны БЗСС-1,0, БЗТС-1,0; Катки: ЗККШ-6А, ЗКВГ-1,4
СГ-21Б (колеса пневматические)	18,0	21,6	10300	
СП-11А (колеса пневматические)	7,0	10,8	11400	Культиваторы: КПС-4, КПЭ и т. д.; Сеялки: СЗ-3,6, СЗП-3,6 и все их модификации Бороны: БИГ-3, БЗСС-1,0, БЗТС-1,0; Катки: ЗККШ-6А, ЗКВГ-1,4
СП-16А (колеса пневматические)	13,5	16,8	23600	

Приложение 9

Удельные сопротивления плугов

Тип почвы	Удельное сопротивление k_0, Н/см^2
Легкие	2,0-3,5
Средние	3,5-5,5
Тяжелые	5,5-8,0
Весьма тяжелые	свыше 8,00

Приложение 10

Кинематические характеристики тракторов и сельскохозяйственных машин

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Марка	Кинематическая длина, м
1	2	3	2	3
Тракторы	К-701	3,20	К-744 Р	3,5
	К-744 Р1, Р2, Р3	3,7	МТЗ-592	1,95
	МТЗ-552	1,95	МТЗ-952	1,95
	МТЗ-900	1,95	МТЗ-1221	2,57
	МТЗ-1025	2,1	МТЗ-1523	2,35
	Т-25А	0,85	ЛТЗ-55	1,2
	Т-45А	1,1	Т-151К	2,8
	ЛТЗ-155	2,6	ХТЗ-17421	3,0
	ХТЗ-150К	2,8	ХТЗ-150-05	2,5
	ХТЗ-150-03	2,5	ВТ-100Д	2,6
	ДТ-75Н	2,2	Т-70СМ	1,7
	ВТ-150	2,7	Т-4А-01	2,3
Плуги	ПТК-9-35	3,600	ПЛП-6-35	2,570
	ПЛН-5-35	2,050	ПЛ-5-35	2,500
	ПЛН-4-35	1,780	ПН-4-40	1,980
	ПЛН-3-35	1,420		
Глубокорыхлители	КПГ-250	1,76	КПГ-2-150	1,73
	КПГ-2.2	4,35		
Лущильники дисковые	ЛДГ-20	21,67	ЛДГ-15	10,42
	ЛДГ-10	7,40	ЛДГ-5	4,30
Лущильники лемешные	ППЛ-10-25	6,40	ППЛ-5-25	2,88
Бороны	БДН-3.0	1,90	БДН-10	11,8
	БДТ-7.0	4,38	БЗСС-1.0	1,35
	БЗТС-1.0	1,35	БИГ-3А	3,50
Катки	ЗККШ-6А	7,80	СКГ-2.0	3,30

Окончание приложения 10

1	2	3	2	3
Культиваторы	КПС-4	2,67	КПЭ-3.8А	3,92
	КПШ-9	7,30	КПШ-5	1,93
	КПУ-400	1,55	КРН-4.2	1,67
	КРН-5.6	2,10	КПГ-250	1,76
	КПГ-2.2	4,35	КПГ-2-150	1,73
Сцепки	СП-16	5,0	СП-11У	4,5
	СП-11	7,54	СГ-21	5,6
	СН-75	3,3		

Приложение 11

Кинематические характеристики посевных машин и разбрасывателей удобрений

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Вместимость бункера, $дм^3$
Сеялки	СЗ-3.6	3,50	690
	СЗП-3.6	3,98	690
	СЗТ-3.6	3,70	690
	СЗП-12	9,50	2223
	СЗП-8	7,40	1482
	СЗС-2.1	3,90	540
	СЗС-6	4,50	825
	СПЧ-6	5,20	240
	СУПН-8	5,70	260
	СКП-6	4,50	192
Разбрасыватели минеральных удобрений	РТТ-4,2	3,90	-
	1-РМГ-4	5,25	-
	РУМ-8	5,99	-
	РМС-6	5,40	-
	РУМ-5	5,50	-
Разбрасыватели органических удобрений	ПРТ-16	5,95	-

Приложение 12

Радиусы поворотов тракторов

Марка трактора	Радиус поворота, м	Марка трактора	Радиус поворота, м
1	2	1	2
К-701	7,2	Т-402.01	1,7
К-744 Р	7,2	ДТ-75Н	2,5
К-744 Р1	7,9	Т-30-69	3,7
К-744 Р2	7,9	Т-45А	4,5
К-744 Р3	7,8	ЛТЗ-55	2,8
МТЗ-552	4,1	ЛТЗ-155	4,5
МТЗ-592	4,1	Т-151К	6,5
МТЗ-900	4,1	ХТЗ-150К	6,5
МТЗ-952	4,1	ХТЗ-17421	6,6
МТЗ-1025	4,1	ХТЗ-150-03	2,35
МТЗ-1221	5,3	ХТЗ-150-05	2,35
МТЗ-1523	5,5	ВТ-100Д	3,2
МТЗ-82.1	4,2	ВТ-150	3,2
Т-4А-01	1,7	Т-70СМ	2,5

Приложение 13

Примерные затраты времени
на проведение ежесменных технических обслуживаний

Наименование машины	Марка машины	Время, ч
1	2	3
Тракторы	К-701	0,88
	К-744 Р	0,91
	К-744 Р2	0,91
	К-744 Р3	0,93
	МТЗ-552	0,76
	МТЗ-592	0,76
	МТЗ-900	0,78
	МТЗ-952	0,78
	МТЗ-1025	0,82
	МТЗ-1221	0,83
	МТЗ-1523	0,87
	МТЗ-82.1	0,57
	ЛТЗ-55	0,65
	ЛТЗ-155	0,78
	Т-151К	0,93
	ХТЗ-150К	0,93
	ХТЗ-17421	0,9
	ХТЗ-150-03	0,69
	ХТЗ-150-05	0,69
	ДТ-75Н	0,67
	ВТ-100Д	0,72
	ВТ-150	0,75
	Т-4А-01	0,76
	Т-402.01	0,76
Плуги	ПН-3-40, ПНЯ-2-50	0,12
	ПН-4-35	0,12
	ПЛН-5-35	0,12
	ППН-50, ПВН-3-35, ПТК-9-35	0,12
Глубокорыхлитель навесной	РН-80Б	0,20
Лущильник дисковый	ЛДГ-10, ЛДГ-15	0,20

Продолжение приложения 13

1	2	3
Лущильник лемешный	ПЛЛ-5-25	0,10
Борона	БДН-3	0,10
	БДТ-3	0,10
	БДСТ-2,5	0,10
	БИГ-3	0,10
Каток кольчато-шпоровый	ЗККШ-6, ЗКК-6	0,10
Культиватор	КПС-4, 4КУ-4	0,25
	КРН-4,2, КФ-5,4	0,50
	КРН-28А, КРН-,8МО	0,10
	КРН-5,6	0,36
	КРШ-8,1	-
	КРХ-5,4	0,22
Плоскорез-глубокорыхлитель	КПГ-250	0,10
Сеялка зерновая	СЗ-3,6, СЗУ-3,6	0,15
	СЗА-3,6, СЗТ-3,6, СЗС-2,1	0,15
	СЗП-24	0,40
Сеялка свекловичная	ССТ-12А	0,25
	ССТ-18А	0,25
Сеялка кукурузная	СКНК-8	0,40
	СБК-4	0,25
	СКТН-6А	0,25
Сеялка универсальная	СПЧ-6М	0,25
Картофелесажалка	СКС-4, СН-4Б	-
Опрыскиватель	СН-400	0,30
	ОП-1600, ОВТ-1	0,30
	ПОЧ, ОЗГ-120	0,30
	ОВХ-14	0,30
Косилка тракторная	-	0,10
Жатка	ЖВН-6, ЖНС-6-12	0,20
Жатка рядковая	-	0,50
Грабли тракторные	-	0,13
Пресс-подборщик	ПШВ-1,6, ПСБ-1,6	0,65
Подборщик-копнитель	ПКС-2М	0,32

Окончание приложения 13

1	2	3
Картофелекопатель	КТН-2Б	0,30
	Z-609/02	0,20
	УКВ-2	0,40
	КСТ-1,4	0,30
Машина для внесения органических удобрений	РОУ-5	0,55
	ПРТ-10	0,30
	ПРТ-16	0,38
Машина для внесения жидких органических удобрений	РЖТ-4	0,23
	РЖТ-8	0,30
	РЖТ-16	0,30

Приложение 14

Примерная продолжительность остановки для технологического обслуживания

Наименование операции	Продолжительность остановки, ч
Вспашка	0,01
Боронование	0,04
Сплошная культивация	0,03
Междурядная обработка	0,03
Лущение	0,02
Кошение зерновых в валки	0,04
Подбор и обмолот, прямое комбайнирование	0,08
Уборка силосных культур	0,02

Приложение 15

Значения отчислений на ремонт и техническое обслуживание, амортизационного ресурса техники

Наименование техники	Значение отчислений на ремонт и техническое обслуживание от цены техники на 100 ч работы, %	Амортизационный ресурс, ч
1	2	3
Тракторы		
- колесные кл. 5,0 т	0,92	10120
- гусеничные кл. 4,0 т	1,14	8096
- колесные кл. 3 т	1,14	10120
- гусеничные кл. 3 т	1,26	9108
- универсально-пропашные кл. 1,4; 2,0	0,98	11132
Плуги отвальные общего назначения	9,30	1720
Бороны		
- зубовые	22,22	450
- дисковые	3,89	1260
Лущильники дисковые	5,83	840
Мотыги ротационные	7,69	455
Катки	4,17	960
Культиваторы		
- для сплошной обработки почвы	9,41	1190
- глубокорыхлители	11,03	1015
- плоскорезы	8,21	1365
- растениепитатели, окучники	4,62	1365
Сеялки		
- зерновые и травяные	7,78	819
- точного высева (свекловичные)	10,0	364
-кукурузные	6,67	480
- рисовые	14,17	960
- туковые	3,33	1680
Картофелесажалки	8,57	490
Комбинированные агрегаты для предпосевной обработки почвы с одновременным посевом зерновых	7,37	665

Окончание приложения 15

1	2	3
Комбинированные агрегаты для основной обработки почвы	10,53	665
Комбайны		
-зерноуборочные	2,43	2548
- картофелеуборочные	6,67	1260
- кукурузоуборочные	12,00	800
- силосоуборочные	8,00	1200
Жатки зерновые и зернобобовые	10,58	774
Косилки тракторные	4,38	1120
Грабли тракторные	5,74	732
Волокуши		
- тросовые	5,19	810
- толкающие	3,89	1080
Пресс-подборщики	5,83	720
Жатки рядковые	12,00	525
Косилки тракторные	4,67	750
Протравливатели семян	3,67	1500
Опрыскиватели по борьбе с вредителями и болезнями		
- полевых культур	9,17	600
- садов	4,40	1250
Универсальные опрыскиватели	3,44	1600
Машины для химической защиты	8,80	750
Машины для внесения удобрений		
- минеральных	16,00	375
- органических	4,00	1250
Зернопогрузчики	1,50	1400
Погрузчики универсальные	1,67	4200

Рекомендуемая литература

1. Апаликов, А. И. Эксплуатация и ремонт технологического оборудования топливозаправочных комплексов и нефтескладов : учебное пособие / А. И. Апаликов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 124 с.
2. Бортников, С. В. Основы проектирования и эксплуатации технологического оборудования : учеб. пособие / С. П. Бортников. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 74 с.
3. Веревкин, Н. И. Производственно-техническая инфраструктура сервисного обслуживания автомобилей : учеб. пособие / Н. И. Веревкин, А. Н. Новиков, Н. А. Давыдов [и др.]. – М. : Академия, 2012. – 400 с.
4. Курочкин, И.М. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие / И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. – 200 с. http://window.edu.ru/resource/156/80156/files/kurochkin.pdf
5. Попов, И.В. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. / И.В. Попов, А.А. Петров, А.Н. Кондрашов – Оренбург: Издетельский центр ОГАУ, 2012 – 288 с. http://rucont.ru/efd/278231
6. Технологическое оборудование и производственно-техническая инфраструктура предприятий : практикум / Д.С. Сазонов, М.П. Ерзамаев, В.М. Янзин, С.А Кузнецов. – Самара : РИЦ СГСХА, 2017. – 116 с. https://rucont.ru/efd/603112
7. Фаскиев, Р.С. Техническая эксплуатация и ремонт технологического оборудования : учеб. пособие / Р.С. Фаскиев, Е.В. Бондаренко, Е.Г. Кеян, Р.Х. Хасанов. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2011. – 261 с. http://rucont.ru/efd/193391
8. Хабардин, В. Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие. – Иркутск : ИрГСХА, 2011. – 265 с. http://ebs.rgazu.ru/?q=node/2657

Оглавление

Предисловие 3

Занятие 1. Анализ тяговых свойств трактора 4

Занятие 2. Расчет состава агрегата 8

Занятие 3. Разработка операционно-технологической карты 12

Занятие 4. Расчет эксплуатационных затрат 19

Занятие 5. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание топливораздаточной колонки НАРА-27М1 21

Занятие 6. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание балансировочного станка «Мастер» 32

Занятие 7. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание анализатора герметичности цилиндров АГЦ-2 43

Занятие 8. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание подъемника двухстоечного П-97МК 50

Занятие 9. Устройство, эксплуатация и техническое обслуживание комплекта Э203 для проверки свечей зажигания 57

Занятие 10. Виды эксплуатационных документов 64

Приложения 69

Рекомендуемая литература 86

Учебное издание

Сазонов Дмитрий Сергеевич
Ерзамаев Максим Павлович
Кузнецов Сергей Александрович
Янзин Владимир Михайлович

Основы эксплуатации машин и технологического оборудования

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 19.02.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 5,1; печ. л. 5,5.
Тираж 50. Заказ № 36.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ГИДРАВЛИКА

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 532 (07)
ББК 30.123 Р
Г94

Г94 Гидравлика : методические указания / сост. С. В. Денисов, А. Л. Мишанин, Ю. А. Киров, Г. С. Бухвалов. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 122 с.

Методические указания содержат сведения о теоретических положениях гидравлики, методике проведения экспериментальных исследований, приёмах определения опытным путём коэффициентов, необходимых для практических расчётов.

Издание предназначено для подготовки бакалавров по направлению: Агроинженерия, Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, Профессиональное обучение.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Денисов С.В., Мишанин А.Л.,
Киров Ю.А., Бухвалов Г.С.,
составление, 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Данные методические указания, составленные согласно рабочей программе дисциплины «Гидравлика», помогут студентам как в выполнении лабораторных работ, так и при подготовке к сдаче экзамена.

В целом методические указания помогут студенту в формировании системы компетенций для освоения дисциплины «Гидравлика».

В гидравлике опыт является неизбежным спутником теоретических исследований. Опытом проверяется правильность теоретических решений, уточняются полученные закономерности, вносятся соответствующие поправки, которые дают возможность применять полученные соотношения в практических расчетах.

Значение эксперимента в гидравлике очень велико, так как большое количество практических задач, ввиду их большой сложности, решается часто опытным путем, например, определение потерь в местных сопротивлениях, характеристик насосов и.т.д.

Цель – помочь студентам в подготовке к занятиям, в работе на занятии, а также написании и правильного оформлении отчетов по проделанной работе.

Задачи:

- **овладеть** практическими навыками применения законов гидравлики для решения прикладных задач гидромеханизации сельскохозяйственных процессов;

- **подтвердить** опытным путем отдельного теоретического положения гидравлики;

- **показать** приемы определения опытным путем коэффициентов, которые необходимы при использовании аналитических формул в практических расчетах;

- **проверить** соответствие значений гидравлических характеристик, вычисленных по аналитическим зависимостям, их величинам, наблюдаемым в опыте;

- **обучить** студентов элементарным навыкам и приемам проведения экспериментальных исследований.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Методические указания содержат описание и методику проведения лабораторных работ, иллюстрирующих законы равновесия и движения жидкостей.

Результаты проводимых опытов записываются в рабочую тетрадь по образцам, приведенным в указаниях. В тетради для каждой работы должны быть указаны задачи работы, приведена схема лабораторной установки, общие сведения по теории вопроса, табличные формы записей и обработка опытных данных.

Перед началом проведения лабораторной работы необходимо уяснить её содержание, последовательность проведения, наблюдений и измерений. Общие сведения по теме работы изложены довольно кратко с расчетом на то, что поставленная в лабораторной работе тема усвоена студентом на лекциях или при ознакомлении с соответствующим разделом курса гидравлики по литературным источникам.

В рабочей тетради после указания номера и названия работы вычерчивается схема экспериментальной установки. Выписываются формулы и зависимости, необходимые для вычисления определяемых в каждой работе величин.

После проведения опыта необходимо проверить, все ли графы таблицы записей опытных данных заполнены.

При обработке опытных данных надо внимательно следить за правильной размерностью величин, подставляемых в формулы. Ошибки студентов при обработке опытных данных чаще всего происходят из-за несоответствия размерностей величин в уравнениях.

В расчетах рекомендуется использовать размерности, наиболее удобные при проведении той или иной работы.

Каждая лабораторная работа заканчивается разделом «Выводы», где отмечается согласованность полученных результатов с теорией или наличие отклонений. Если по условиям опыта производится сопоставление полученных результатов с опытными данными других исследований, то есть справочными значениями или с результатами расчета по эмпирическим формулам, то указываются результаты этого сопоставления. Особую ценность представляют попытки обучающихся проанализировать причины несоответствия приведенных справочных значений и их собственных

опытных данных, полученных по результатам выполненной лабораторной работы.

Все наблюдения, измерения, вычисления и анализ полученных данных проводятся обучающимися самостоятельно.

Руководитель лабораторных занятий контролирует проведение опытов, обработку материала и принимает выполненную работу.

Оформление отчетов по каждой лабораторной работе производится в часы, отведенные на выполнение работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И НАПОРА С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ ПРИБОРОВ

Задачи работы: изучить конструкции измерительных приборов и методы измерения гидравлических величин, определить избыточное гидростатическое давление с помощью пьезометров.

Оборудование и инструмент: образцы приборов, установка для определения гидростатического давления, исследуемые жидкости, измерительная линейка.

Выполнение лабораторных работ сопровождается измерением следующих величин: уровня свободной поверхности жидкости в резервуаре, давления в различных точках покоящейся и движущейся жидкости, расхода жидкости и т.д.

Измерением называется экспериментальное определение соотношений между измеряемой величиной и единицей намерения.

Тела и специальные устройства, воспроизводящие единицу измерения вещественно, называются *мерами*.

Как бы тщательно не выполнялись измерения, их результаты неизбежно будут отличаться от действительных значений измеряемых величин, т.е. будет иметь место определенная погрешность измерения.

Различают абсолютную и относительную погрешности.

Разность между приближенными и принятыми значениями называют *абсолютной погрешностью* или *ошибкой*. Абсолютная погрешность зависит от точности приборов, цены деления прибора и размера этого деления, а также от опытности студента, выполняющего замеры и от условий работ.

В условиях лаборатории гидравлики при средней опытности студентов, выполняющих замеры, величину абсолютной погрешности основных лабораторных приборов и устройств можно принимать по данным табл. 1, однако абсолютная погрешность сама по себе не характеризует хорошо или плохо выполнены замеры.

Качество измерения характеризует относительная погрешность, которая зависит от значения абсолютной погрешности и измеряемой величины.

Относительной погрешностью называют долю абсолютной погрешности от всей измеряемой величины, выраженную в процентах.

Таблица 1

Величины абсолютных погрешностей приборов

Наименование приборов и устройств	Цена деления	Абсолютная погрешность
Микрометр	0,01 мм	0,005 мм
Штангенциркуль	0,1 мм	0,05 мм
Мерная линейка	1 мм	0,5 мм
Пьезометр	1 мм	0,5 мм
Мерное ведро	10 л	0,5 л
Секундомер	0,2 с	0,1 с
Манометр	0,2 ат	0,05 ат
Термометр	1°	0,5 °

Для измерения уровней жидкости применяется водомерное стекло (рис. 1), представляющее собой стеклянную (в отдельных случаях поливинилхлоридную) трубку, снабженную шкалой и присоединенную к резервуару, в котором измеряется высота уровня жидкости.

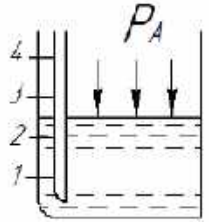


Рис 1. Схема уровнемера

Так как резервуар и водомерное стекло представляют собой сообщающиеся сосуды, в которых давления на свободных поверхностях одинаковы, то измерение сводится к определению уровня

в трубке. Основная погрешность прибора обусловлена капиллярностью. Если трубка имеет малый диаметр до 12 мм, то в показание прибора вносится поправка на капиллярность, равная для воды Δh=-30/d, мм.

Водомерное стекло отличается простотой конструкции и изготовления, не требует высокой квалификации при работе с ним, однако уровни визуально фиксируются только в момент отсчета, а максимальные и минимальные значения при колебании уровня могут быть не зафиксированы.

Повторность измерений позволяет снизить величину случайных погрешностей, вызванных неточностью отсчетов в ту или другую сторону, неизбежно допускаемых наблюдателем. Обычно при проведении учебных лабораторных работ ограничиваются двух - трехкратными замерами величин, после чего определяют среднеарифметический результат.

Для измерения уровня воды берут три отсчета по водомерному стеклу H_1, H_2, H_3.

Среднее значение уровня будет: $H=(H_1+H_2+H_3)/3$.

Приборы для измерения давлений классифицируют по различным признакам. По характеру измеряемого давления приборы разделяют на следующие классы:

1) *барометры* – приборы для измерения атмосферного давления:

2) *манометры* – приборы для измерения избыточного давления;

3) *вакуумметры* – приборы для измерения вакуума;

4) *мановакуумметры* – приборы для измерения, как избыточного давления, так и вакуума;

5) *манометры абсолютного давления* – приборы для измерения абсолютного (полного) давления;

6) *дифференциальные манометры* – приборы для измерения разности давлении.

По принципу действий приборы различают:

а) жидкостные:

б) механические:

в) электрические;

г) комбинированные.

Простейшим прибором для измерения избыточного давления является пьезометр (рис.2, а). Он представляет собой вертикально установленную прозрачную стеклянную или ПВХ трубку с открытым верхним концом

Измерения по пьезометру проводят в единицах длины, поэтому иногда давления выражают в единицах высоты столба определенной жидкости. Пьезометр высотой 1,5...2 м позволяет измерить давление до 0,15...0,20 атм.

Основным достоинством пьезометра является простота устройства и точность измерения. Основным недостатком пьезометра является малый диапазон измеряемых давлений. При больших давлениях пьезометр становится слишком громоздким. К недостаткам пьезометра также можно отнести хрупкость.

Избыточное давление в жидкостях или газах измеряется *манометрами*. Это весьма обширный набор измерительных приборов различной конструкции и различного исполнения

На рисунке 2,б показана схема действия поршневого манометра. При увеличении давления в сосуде жидкость или газ по закону Паскаля передаёт это давление на нижнюю поверхность поршня, заставляя его тем самым подниматься или опускаться. Поршень связан через систему рычагов с указательной стрелкой.

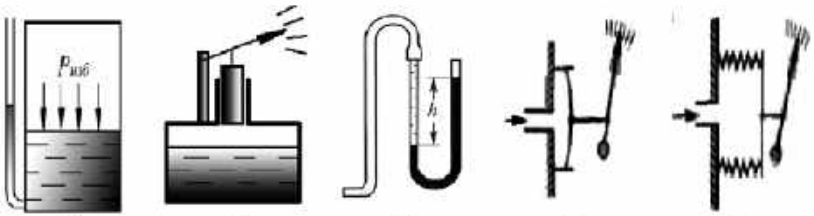


Рис. 2. Приборы для измерения избыточного давления:
а) пьезометр, б) поршневой манометр, в) жидкостный манометр,
г) мембранный манометр, д) сильфонный манометр

Другой тип манометра – это открытый (жидкостный) манометр (рис.2, в). Он состоит из U-образной трубки, наполненной ртутью или другой жидкостью. Работа основана на законе сообщающихся сосудов и на уравновешивании измеряемого давления газа давлением столба жидкости (ртути, воды и т. д.). В один конец трубки подается давление. Жидкость в другой трубке поднимается до тех пор, пока измеряемое давление не будет в точности равно давлению, вызываемому разностью уровней жидкости в двух коленах трубки. Зная эту разность высот можно рассчитать давление.

Недостатком такого манометра является то, что величина давления зависит от ускорения свободного падения в данном месте. Не всегда такой манометр градуируется в паскалях, часто бывает удобным измерять давление в единицах высоты столба данной жидкости - в миллиметрах ртутного столба, водяного столба (1 мм вод. ст. – 9,8 Па; 1 мм рт. ст. = 133,3 Па)

Одним из простых приборов для измерения повышенных и высоких давлений является трубчатый манометр или манометр Бурдона Главная составная часть его - изогнутая по дуге латунная труба 1 овального сечения (рис. 3).

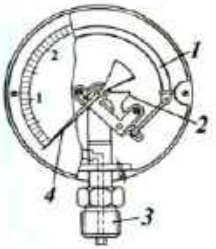


Рис. 3 Пружинный манометр:
1 – трубка; 2 – система зубчатых колес и рычагов; 3 – штуцер; 4 – стрелка

Жидкость или газ, производя давление изнутри трубки, выпрямляет ее, по аналогии со знакомой каждому детской игрушкой «тещин язык».

Жидкость или газ подается в штуцер *3*, соединенный с трубкой *1*. Трубка, распрямляясь, приводит в движение систему зубчатых колес и рычагов *2*, которые поворачивают стрелку *4*; чем больше давление, тем на больший угол повернется стрелка. Угол поворота стрелки пропорционален измеряемому давлению. Шкала, нанесенная на циферблате, градуирована в единицах давления. Обычно манометр калибруется в *кгс/см*^{2}. Такие манометры применяются при измерении давления воздуха, пара, газов и жидкостей. Манометры для измерения давления в шинах автомобиля часто бывают типа манометра Бурдона.

Таким образом, это деформационный манометр.

К деформационным относятся также мембранные и сильфонные манометры (рис. 2, г, д)

Главной частью мембранного манометра является гибкая круглая плоская пластина способная получить прогиб под дей-

ствием давления.

Сильфонный манометр (сильфон) представляют собой тонкостенную цилиндрическую оболочку с поперечными гофрами, способную получать значительное перемещении под действием давления. Для увеличения жесткости внутрь сильфона часто помещают пружину. Сильфоны изготавливают из бронзы, углеродистой стали, алюминиевых сплавов. Серийно производят бесшовные и сварные сильфоны диаметром от 8-10 до 80-100 мм. Сильфоны более чувствительны, чем мембранные манометры и имеют больший диапазон измерений.

Основными достоинствами приборов являются большой диапазон измеряемых давлений, простота устройства и применения, портативность и универсальность.

Основным недостатком приборов является непостоянство их показаний, вследствие постепенных изменений упругих свойств пружинящего элемента, возникновения остаточной деформации, износа передаточного механизма. Поэтому такие приборы необходимо периодически проверять.

Порядок выполнения работы

Для измерения гидростатического давления и удельного веса жидкостей с помощью пьезометров необходимо в пьезометр *2* залить воду, в пьезометр *1* – испытуемые жидкости (рис. 4). Один конец каждого из пьезометров соединен с воздушной областью резервуара *3*, другой выведен в атмосферу.

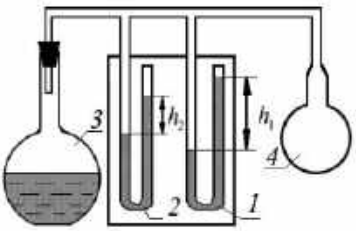


Рис.4. Установка для измерения гидростатического давления с помощью пьезометров:
1;2 – пьезометры; 3 – резервуар с жидкостью; 4 – насос; 5 – шкала для измерения пьезометрической высоты

С помощью насоса *4* на свободной поверхности жидкости, залитой в резервуар, создают избыточное гидростатическое давления. Затем, с помощью линейки измеряют пьезометрические высо-

ты h_1 и h_2 (разность уровней жидкости) в пьезометрах *1* и *2*.

Аналогичным образом проводят несколько опытов с различными жидкостями.

Полученные результаты заносят в таблицу 2.

Таблица 2

Экспериментальные и расчётные данные

№ опыта	Пьезометрические высоты (м)		$P_{изб}$ (Па) $P_{изб} = \gamma_{H_2O} \cdot h_2$	Удельный вес жидкости, Н/м^2		Плотность жидкости, кг/м^3 $\rho = \gamma_2 / g$
	h_1	h_2		γ_{H_2O}	$\gamma_2 = P_{изб}/h_1$	
1				9810		
2						
3						

Контрольные вопросы

1. Понятие абсолютного избыточного, манометрического и вакуумметрического давлений, их предельное значения, графическая интерпретация этих понятий на числовой оси.
2. Жидкостные приборы для измерения давлений.
3. Механические приборы для измерения давлений, их классификация.
4. Класс точности манометров. Определение класса точности манометра.
5. Соотношение между высотой столба жидкости и давлением, которое он создает.
6. Соотношение между единицами давления в технической системе единиц и системе СИ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ

Задачи работы: – убедиться в наличии ламинарного и турбулентного режимов движения воды и определить критическое число Рейнольдса.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, термометр, мерный резервуар, секундомер, график для определения коэффициента кинематической вязкости.

Одна и та же жидкость, протекающая внутри трубы, может иметь два совершенно различных режима движения: ламинарный и турбулентный. Ламинарный режим отличается правильным струйчатым или слоистым характером движения. При турбулентном же режиме движение частиц жидкости носит беспорядочный

характер.

Характеристикой режима движения служит безразмерное число Рейнольдса.

Для круглых цилиндрических труб оно определяется по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot d}{\nu}, \qquad (2.1)$$

где R_e – число Рейнольдса;

ϑ – средняя скорость потока жидкости, м/с;

d – диаметр трубы, м;

ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с.

Для открытых каналов число Рейнольдса подсчитывается по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot R}{\nu}, \qquad (2.2)$$

где R – гидравлический радиус, м.

Величина гидравлического радиуса определяется следующей зависимостью:

$$R = \frac{S}{\chi}, \qquad (2.3)$$

где S – площадь живого сечения, м²;

χ – смоченный периметр, м.

Ламинарный режим потока будет устойчивым для круглых труб при $R_e \leq 2300$ и для открытых потоков при $R_e \leq 575$. При превышении приведенных значений числа Рейнольдса режим движения жидкости будет турбулентным.

Во время проведения опытов диаметр трубы и коэффициент кинематической вязкости будут оставаться постоянными, следовательно, число Рейнольдса будет зависеть только от скорости потока жидкости. Тогда:

$$R_{e_{кр}} = \frac{\vartheta_{кр} d}{\nu}, \qquad (2.4)$$

где $R_{e_{кр}}$ – критическое число Рейнольдса;

$\vartheta_{кр}$ – критическая скорость потока, м/с.

Для определения критической скорости $\vartheta_{кр}$ и критического числа Рейнольдса $R_{e_{кр}}$ строится график так называемой логарифмической анаморфозы (рис. 5).

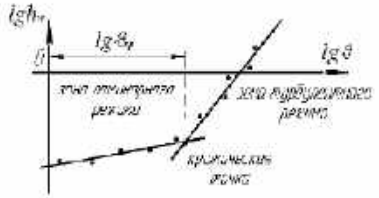


Рис. 5. График для определения критической скорости

Откладывая по оси абсцисс значения $\lg\vartheta$, а по оси ординат $\lg h_w$ (где h_w потери напора, м), получаем две группы опытных точек, соответствующих ламинарному и турбулентному режимам движения.

Каждую группу опытных точек определяют прямыми, которые пересекаются в критической точке.

Потери напора h_w в трубе определяются разностью показаний пьезометров. Из графика логарифмической анаморфозы определяем $\lg\vartheta_{кр}$, а затем $\vartheta_{кр}$ и $R_{e_{кр}}$.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить с помощью вентиля *5* (рис. 6) резервуары *1* и *2* водой до переливания её через трубу *10*. Для пропуска воды по прозрачной трубе *3* сначала вентиль *7* приоткрывается очень незначительно. Одновременно открывается кран *6* для подачи в трубу красящей жидкости. При малых скоростях движения воды в трубе вводимая в поток краска не будет перемешиваться с окружающей средой, что укажет на наличие ламинарного режима. В последующих опытах степень открытия вентиля *7* постепенно увеличивается и в какой то момент ламинарный режим переходит в турбулентный, когда красящая жидкость в трубе активно перемешивается с водой. В каждом из проведенных опытов кроме наблюдаемого режима движения фиксируются показания пьезометров *11* и *12*, а также время t (с) наполнения мерного резервуара *8* объемом V ($см^3$) с помощью секундомера. Потери напора h_w в трубе *3* определяются по разности показаний пье-

зометров h_1 и h_2.

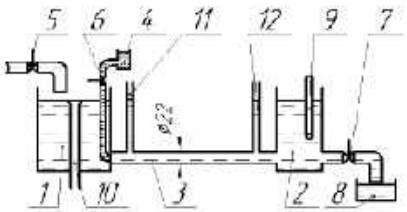


Рис. 6. Схема установки для исследования режима движения жидкости:
1 – напорный резервуар; 2 – приемный резервуар; 3 – стеклянная трубка;
4 – бачок с красящей жидкостью; 5,7 – регулировочный вентиль;
6 – кран подачи красящей жидкости; 8 – мерный резервуар;
9 – термометр; 10 – переливная труба; 11, 12 – пьезометр

Зная температуру воды во время проведения опытов, по графику определяем коэффициент кинематической вязкости υ.

Всего в лабораторной работе надо проделать минимум 4…5 опытов при каждом режиме движения. Все опытные данные заносятся в таблицу 3.

Таблица 3

Результаты измерения и обработка опытных данных

№ опыта	Наблюдаемый режим	Отчёты пьезометров		h_w, см	V, $см^3$	t, с	Q, $см^3/с$ $Q=\frac{V}{t}$	ϑ, см/с $\vartheta=\frac{Q}{S}$	$\lg\vartheta$	$\lg h_w$
		h_1, см	h_2, см							
1										
2										
…										
10										

В процессе проведения опытов необходимо определить температуру жидкости $t°C$ и по графику определить величину коэффициента кинематической вязкости ν $см^2/с$.

По полученным данным в рабочей тетради строится логарифмическая анаморфоза, на которой определяется критическая точка, а далее $\lg\vartheta_{кр}$, $\vartheta_{кр}$ и $R_{e_{кр}}$, и делаются выводы.

Контрольные вопросы

1. Как установить режим движения жидкости?

2. Какие параметры определяют режим движения жидкости?

3. При каких значениях числа Рейнольдса будет ламинарный, турбулентный режим движения жидкости.

4. Назовите параметры ламинарного движения жидкости.

5. Какова размерность числа Рейнольдса?

6. Меняется ли критическое число Рейнольдса в зависимости от вида жидкости?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ Д. БЕРНУЛЛИ

Задачи работы: Проследить по приборам, установленным на напорном трубопроводе переменного сечения, переход энергии в потоке из потенциальной в кинетическую и обратно в соответствии с уравнением Бернулли. Построить пьезометрическую и напорную линии потока.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, секундомер.

Рассматривая поток жидкости как совокупность элементарных струек, полную удельную энергию потока при установившемся движении можно выразить уравнением Бернулли:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_1 \cdot \vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\alpha_2 \cdot \vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w, \qquad (3.1)$$

где Z – высота положения выбранного сечения над плоскостью сравнения (геодезический напор), м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ –пьезометрическая высота (напор) или расстояние от оси трубы до уровня воды в пьезометре, м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – скоростная высота или скоростной напор, м;

α – коэффициент, характеризующий неравномерность распределения местных скоростей по сечению потока (в лабораторной работе можно принять $\alpha = 1$);

h_w – потери напора на пути движения жидкости от одного сечения к другому, м.

С энергетической точки зрения члены уравнения Бернулли, отнесенные к единице веса потока, представляют следующие

составляющие:

Z – удельная потенциальная энергия положения, м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ – удельная потенциальная энергия давления, м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – удельная кинетическая энергия, м;

h_w – удельная энергия, затраченная на преодоление сопротивлений на пути потока жидкости, м;

$Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – удельная полная энергия потока, м.

Следует отметить, что все члены уравнения Бернулли имеют размерность длины.

Таким образом, уравнение Бернулли является выражением закона сохранения энергии в потоке жидкости. Если на участке потока уменьшается скорость, а, следовательно, и кинетическая энергия, то согласно уравнению Бернулли, на этом участке должно соответственно возрасти давление, то есть потенциальная энергия.

Полный напор или полная энергия потока $Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ непрерывно уменьшается по пути движения на величину потерь напора h_w, так как часть его затрачивается на преодоление сопротивлений.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой (рис. 7).

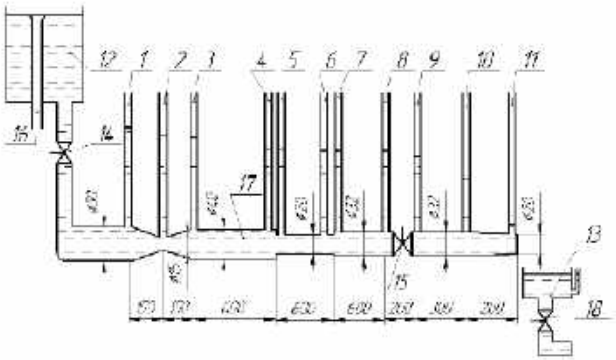


Рис. 7. Схема установки для исследования уравнения Бернулли:
1-11 – пьезометры, установленные в характерных сечениях; 12 – напорный резервуар; 13 – мерный бак; 14-15 – вентили; 16 – переливная труба;

17 – напорный трубопровод переменного сечения; 18 – сливной кран

Включить насос для подачи воды в напорный бак *12* (рис. 7), уровень в котором поддерживается за счет сброса излишней воды через переливную трубу *16*. Открыть вентили *14* и *15* и произвольно отрегулировать расход воды, протекающей по напорному трубопроводу *17*, учитывая верхние пределы пьезометров. После установления режима движения закрыть сливной кран *18* мерного бака *13* и зафиксировать секундомером время t (с) наполнения определенного объема V (см³). Одновременно с этим записать показания пьезометров, присоединенных к трубопроводу.

После окончания опыта выключить насос и перекрыть доступ воды в трубопровод вентилем *14*.

По результатам проведенного опыта в рабочей тетради строятся пьезометрическая и напорная линии. Для этого по оси абсцисс откладывается длина трубопровода с указанием мест установки пьезометров. По оси ординат откладывают величины статического напора, то есть $Z + \frac{P}{\rho \cdot g}$ (см), которые являются основанием для построения пьезометрической линии. Здесь же откладывают величины полного напора, представляющего собой сумму $H = Z + \frac{P}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ (см) для каждого сечения, которую можно построить после подсчета скоростного напора $\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ (см).

Построенные таким образом линии наглядно показывают распределение энергии в связи с изменением сечений потока. По результатам анализа этих графиков делаются выводы по лабораторной работе.

Таблица 4

Результаты измерения и обработка опытных данных

№ пьезометра	Отсчет по пьезометру $Z + \frac{P}{\rho \cdot g}$, см	V, см³	t, с	Q, см³/с $Q = \frac{V}{t}$	d, см	S, см²	ϑ, см/с $\vartheta = \frac{Q}{S}$	$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$, см	H, см
1									
2									

…									
11									

Контрольные вопросы

1. Запишите уравнение Д. Бернулли для потока реальной жидкости. Физический смысл составляющих уравнение Д. Бернулли.
2. Что означают члены уравнения Д. Бернулли с геометрической точки зрения.
3. Чем можно замерить величину скоростного напора?
4. Что такое расход жидкости? Какие способы определения расхода жидкости вы знаете?
5. Как определить среднюю скорость движения жидкости?
6. Как называется сумма величин $Z+ P/\rho g$?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ ТРЕНИЯ ПО ДЛИНЕ ТРУБЫ

Задачи работы: определить опытным путем коэффициенты сопротивления в водопроводной трубе (труба указывается преподавателем) при различных режимах движения и сравнить значения, полученные из опытов, с вычисленными по соответствующим формулам.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, секундомер, мерная линейка, штангенциркуль.

Потери напора по длине или потери на трение h_w при движении жидкости в напорном трубопроводе определяются по формуле Дарси:

$$h_w = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\vartheta^2}{2g}, \qquad (4.1)$$

где h_w – потери напора по длине, м;

λ – коэффициент сопротивления трения по длине;

l – длина трубы, м;

d – диаметр трубы, м;

ϑ – средняя скорость воды в трубе, м/с;

g – ускорение свободного падения, м/с².

Коэффициент λ является безразмерной переменной величиной, зависящей от ряда характеристик – от диаметра и шерохова-

тости трубы, вязкости и скорости течения жидкости.

Влияние этих характеристик на величину λ зависит от режима движения жидкости. При одних значениях чисел Рейнольдса R_e, характеризующих режим движения, на величину λ влияет в большей степени скорость, при других – диаметр и шероховатость трубы – (высота выступов шероховатости Δ).

В связи с этим различают четыре области сопротивления, в каждой из которых изменение λ имеет свою закономерность.

а) Первая область называется областью ламинарного режима, которая имеет место при $R_e \leq 2300$. В этой области сопротивления коэффициент λ зависит от числа Рейнольдса R_e и не зависит от шероховатости Δ. При ламинарном режиме коэффициент λ определяется по формуле Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}. \qquad (4.2)$$

Остальные три области сопротивления имеют место при турбулентном режиме движения жидкости с различной степенью турбулентности.

б) Вторая область называется гидравлически гладкие трубы. Она ограничивается числами Рейнольдса $2300 < R_e \leq 10^5$. Эта область характерна для турбулентного потока при сохранении ламинарного движения у стенок трубы, если толщина ламинарного слоя δ значительно больше высоты выступов шероховатости Δ. В этом случае ламинарный слой полностью покрывает неровности стенок трубы и последние не оказывают тормозящего влияния на поток жидкости. Толщина ламинарного слоя при этом определяется по формуле:

$$\delta = \frac{30d}{R_e\sqrt{\lambda}}. \qquad (4.3)$$

Коэффициент λ в области гидравлически гладких труб определяется по формуле Блазиуса:

$$\lambda = 0{,}316 \cdot R_e^{-0{,}25}. \qquad (4.4)$$

в) Третья область называется переходной от области гидрав-

лически гладких труб к квадратичной области (гидравлически шероховатых труб). Эта область находится в пределах $10^5 < R_e \leq 3 \times 10^6$. В этом случае толщина ламинарного слоя равна или чуть меньше выступов шероховатости Δ, которые выступают как препятствия, увеличивая турбулентность и сопротивления. Для переходной области значение λ определяется по формуле Альтшуля:

$$\lambda = 0{,}1\left(\frac{1{,}46\Delta}{d} + \frac{100}{R_e}\right)^{0{,}25}. \qquad (4.5)$$

г) Четвертая область называется областью гидравлически шероховатых труб или квадратичной. Она начинается при $R_e > 3 \times 10^6$ В этой области коэффициент λ не зависит от скорости потока и определяется по формуле Шифринсона:

$$\lambda = 0{,}11\left(\frac{\Delta}{d}\right)^{0{,}25}. \qquad (4.6)$$

Порядок выполнения работы:

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный бак *1* (рис. 8) до перелива её через переливную трубу *7*. Далее открыть вентиль *4* для обеспечения очень небольшого расхода по трубопроводу *2*. Выждав, когда движение воды станет установившимся, засечь с помощью секундомера время наполнения мерного резервуара. Одновременно измеряются показания пьезометров h_1 и h_2; присоединённых к трубопроводу на расстоянии l один от другого.

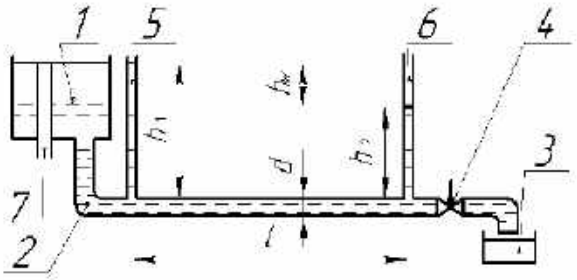


Рис. 8. Схема установки для определения коэффициента сопротивления по длине трубы:

1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный резервуар; 4 – регулировочный вентиль; 5, 6 – пьезометры; 7 – переливная труба

Разность показаний пьезометров покажет потери напора по длине $h_w=h_1-h_2$, а из формулы Дарси (4.1) можно будет определить опытное значение коэффициента сопротивления трения по длине:

$$\lambda_{on} = \frac{h_w \cdot 2g \cdot d}{\vartheta^2 \cdot l} . \qquad (4.7)$$

Таким образом, зная размеры трубопровода l и d можно определить коэффициент λ. Напомним, что скорость воды в трубе определяется через расход по известным формулам:

Полученное опытное значение λ_{on} нужно сравнить с расчётным по соответствующей формуле. Для этого следует выявить значение температуры воды T и соответствующий ей коэффициент кинематической вязкости υ (из лабораторной работы № 1), определить число Рейнольдса по формуле:

$$R_e = \frac{\vartheta \cdot d}{\upsilon} . \qquad (4.8)$$

По полученному числу Рейнольдса определить режим движения жидкости и область сопротивления, для которой и вычислить коэффициент $\lambda_{теор}$ по соответствующей формуле, приведённой в разделе «Общие сведения».

Опыт повторить несколько раз, меняя степень открытия вентиля 4, доведя его в последнем опыте до полностью открытого положения.

Учитывая, что непосредственное измерение выступов шероховатости в трубе затруднительно, то можно воспользоваться следующими значениями Δ, мм:

латунные цельнотянутые	– 0,01;
стальные цельнотянутые (новые)	– 0,05;
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,2-0,3;
чугунные (новые)	– 0,2-1,0;
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,8-1,5
асбестоцементные (новые)	– 0,1
то же (бывшие в эксплуатации)	– 0,6
стеклянные	– 0,0015-0,010

По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный бак

и закрыть вентиль 4 на трубопроводе.

Таблица 5

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели		Опыты			
		1	2	3	4
1. Материал трубы					
2. Диаметр трубы, d, см					
3. Площадь сечения трубы S, см^2					
4. Протекающий объем воды в бак V,см^3					
5. Время наполнения t, с					
6. Расход Q, см^3/с					
7. Средняя скорость ϑ, см/с					
8. Длина трубы l, см					
9. Показание пьезометра h_1, см					
10. Показание пьезометра h_2, см					
11. Потери напора по длине h_w, см					
12. Коэффициент λ_{on} по опытным данным					
13. Шероховатость трубы Δ, см					
14. Температура воды T, ^0C					
15. Кинематическая вязкость υ, см^2/с					
16. Число Рейнольдса R_e					
17. Режим движения					
18. Область сопротивления					
19. Коэффициент $\lambda_{теор}$ по формуле:	(4.2)				
	(4.4)				
	(4.5)				
	(4.6)				

Контрольные вопросы

1. Что необходимо определить по опытным данным для расчета λ_{on}?
2. Как найти величину потерь напора опытным путем?
3. По какой формуле определяются потери напора по длине?
4. Назовите области сопротивления. Для чего они необходимы?
5. Что это за понятия: труба гидравлически «гладкая», «шероховатая»?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ МЕСТНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ

Задачи работы. Определить опытным путем величины коэффициентов местных сопротивлений в коленах с плавным и резким поворотами и в диафрагме. Сравнить полученные значения со справочными данными

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный ба-

чок, секундомер, штангенциркуль.

В состав общих потерь напора h_w при движении жидкости кроме потерь напора по длине или потерь на трение h_{wl} входят также значительные потери напора $h_{wм}$ на местные сопротивления (повороты, сужения, расширения, вентили, клапаны, сетки и т.д.). Потери напора на местные сопротивления определяются резким изменением скорости потока по величине и по направлению и зависят от конфигурации элемента, в котором возникает местное сопротивление.

Величина местных потерь напора в большинстве случаев определяется с помощью безразмерных коэффициентов местных сопротивлений по формуле:

$$h_{w_м} = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} \quad , \tag{5.1}$$

где $h_{wм}$ – местные потери напора, м;

ξ – коэффициент местного сопротивления;

ϑ – средняя скорость воды в трубе за местным сопротивлением, м/с.

Особенностью при определении местных потерь опытным путем является то, что пьезометр, стоящий за местным сопротивлением, должен устанавливаться на достаточном удалении от него. Это расстояние обычно принимается равным 6...8 диаметрам трубы.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный резервуар *1* (рис. 9) до перелива её через переливную трубу *8*. Открыть вентиль *7* на трубопроводе для пропуска большого количества воды. После установления постоянного расхода воды зафиксировать секундомером время t (с) наполнения мерного объема V ($см^3$). Это даст возможность определить расход воды в трубе.

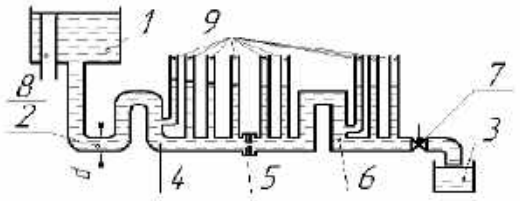


Рис.9. Схема установки
для определения коэффициентов местных сопротивлений:
1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный бачок;
4 – плавный поворот; 5 – диафрагма; 6 – резкий (прямоугольный) поворот;

7 – вентиль; 8 – переливная труба; 9 – пьезометры

Одновременно с этим измеряются отсчеты в пьезометрах *9*, установленных на трубопроводе *2*.

Рассмотрим пример определения местных потерь в диафрагме *5*, расположенной на участке трубопровода.

Общие потери напора h_w (рис. 10) равны разности показаний пьезометров h_1 и h_2, установленных по обе стороны диафрагмы на расстоянии l_1, т.е.

$$h_w = h_1 - h_2 . \qquad (5.2)$$

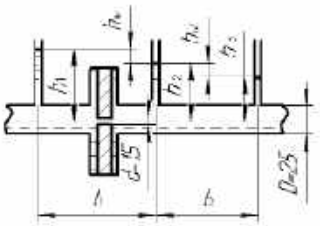


Рис. 10. Схема для определения местных потерь напора

Длина l_1 выбирается таким образом, чтобы исследуемое местное сопротивление не влияло на распределение скоростей в сечениях *1* и 2. Для выполнения этого условия необходимо чтобы $l_1/2 \geq (6...8)\, d$, где d – диаметр трубы, м. Следовательно, величина h_w в данном случае определяет суммарные потери напора – местные потери h_{wm} и потери напора по длине h_{wl}.

Для определения только потерь напора по длине h_{wl} необходимо на ровном участке трубопровода иметь третий пьезометр, расположенный от второго на расстоянии $l_2 = l_1$. Тогда разность показаний 2-го и 3-его пьезометров позволит определить потери напора по длине, то есть

$$h_{w_l} = h_2 - h_3 . \qquad (5.3)$$

В этом случае местные потери напора в диафрагме составят

$$h_{w_m} = h_w - h_{wl} . \qquad (5.4)$$

Аналогично определяются местные потери напора в остальных местных сопротивлениях трубопровода.

Величина коэффициентов местных сопротивлений определяется по формуле:

$$\xi = \frac{2g \cdot h_{м}}{\vartheta^2}. \qquad (5.5)$$

Полученные в результате выполненных опытов и расчетов коэффициенты местных сопротивлений следует сравнить со справочными данными, приведенными в приложении 5.

По окончании опыта перекрыть доступ воды в напорный резервуар 1 и закрыть вентиль 7 на трубопроводе.

Таблица 6

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Местное сопротивление		
	Плавный поворот	Резкий поворот	Диафрагма
1. Диаметр трубы d, см			
2. Площадь сечения S, см^2			
3. Показания первого пьезометра h_1, см			
4. Показания второго пьезометра h_2, см			
5. Общие потери напора $h_м$, см			
6. Показания третьего пьезометра h_3,см			
7. Потери напора по длине $h_{м1}$, см			
8. Местные потери напора $h_{мес}$, см			
9. Протекший объём воды в бак V, см^3			
10. Время наполнения t, с			
11. Расход Q, см^3/с			
12. Средняя скорость потока ϑ, см/с			
13. Коэффициент местного сопротивления из опыта $\xi_{оп}$			
14. Справочное значение коэффициента местного сопротивления $\xi_{спр}$			

Контрольные вопросы

1. Что является причиной появления местных сопротивлений?
2. Приведите примеры местных сопротивлений?
3. Для чего нужно знать величины коэффициентов местных сопротивлений?
4. По какой формуле определяются местные потери напора?
5. Каким образом определяли величину местных потерь (например, при резком повороте)?
6. Каким образом были найдены справочные значения коэффициентов местных сопротивлений?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ЖИДКОСТИ ПО ВОДОМЕРУ ВЕНТУРИ

Задачи работы. Определить расход воды с помощью водомера Вентури. Построить график расхода воды, протекшей через водомер.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бачок, секундомер, штангенциркуль, мерная линейка.

Одним из примеров практического применения уравнения Бернулли является измерение расхода жидкости с помощью водомера Вентури. Действие водомера основано на законе сохранения энергии при движении жидкости, выражаемом уравнением Бернулли.

Труба Вентури, изображенная на схеме лабораторной установки, состоит из двух конических патрубков – сходящегося и расходящегося, имеющих общее узкое сечение 2-2. Составим уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 (рис.11):

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w, \qquad (6.1)$$

где Z_1 и Z_2 – геодезические высоты сечений 1-I и 2-2 (при горизонтальном расположении водомера $Z_1=Z_2$);

P_1 и ϑ_1 – давление жидкости и её скорость сечении 1-1;

P_2 и ϑ_2 – то же в сечении 2-2;

h_w – потери напора на участке 1-2.

Скорость ϑ_1 можно выразить через скорость ϑ_2 из уравнения неразрывности потока:

$$Q = \vartheta_1 \cdot S_1 = \vartheta_2 \cdot S_2, \qquad (6.2)$$

где S_1 и S_2 – площадь сечений 1-1 и 2-2, отсюда:

$$\vartheta_1 = \vartheta_2 \cdot \frac{S_2}{S_1}. \qquad (6.3)$$

Потери напора на участке 1-2 можно определить по формуле:

$$h_w = \xi \left(\frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} - \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} \right), \qquad (6.4)$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления в трубе Вентури.

Подставив в уравнение (6.1) значения ϑ_1 и h_w, вычисленные по зависимости (6.3) и (6.4), и определим из него ϑ_2.

Получим:

$$\vartheta_2 = \frac{1}{\sqrt{1+\xi}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g\left(\frac{P_1}{\rho \cdot g} - \frac{P_2}{\rho \cdot g}\right)}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}, \qquad (6.5)$$

где $\frac{1}{\sqrt{1+\xi}} = \varphi$ – коэффициент скорости. (6.6)

Разность $\frac{P_1}{\rho \cdot g} - \frac{P_2}{\rho \cdot g}$ – обозначим через h, измеряемую на лабораторной установке с помощью пьезометров. Так как расход жидкости через водомер равен: $Q = \vartheta_2 \cdot S_2$, то

$$Q = \phi \cdot S_2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot h}{1-\left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}. \qquad (6.7)$$

Если обозначить

$$B = \frac{\phi \cdot S_2}{\sqrt{1-\frac{d^4}{D^4}}}, \qquad (6.8)$$

где B – постоянная расходомерной трубы, то

$$Q = B\sqrt{2 \cdot g \cdot h}. \qquad (6.9)$$

Постоянную «B» обычно определяют опытным путем, то есть тарировкой, пропуская через трубу Вентури различные расходы жидкости.

Формула (6.9) дает возможность (при известной постоянной трубы B) определять объемный расход Q по показаниям пьезометров.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить водой напорный резервуар до начала перелива её через переливную трубу. Затем, открывая вентиль *8* (рис. 11) приблизительно на 1/3, 2/3 хода и полностью, то есть обеспечивая различные расходы воды, выполнить три опыта. Во время каждого из этих опытов зафиксировать секундомером время t (с) наполнения мерного объема V ($см^3$) и показания пьезометров *6* и *7*.

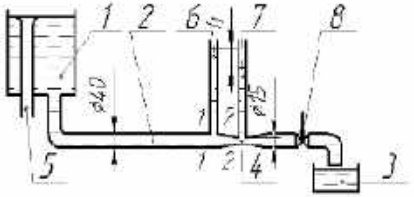


Рис. 11. Схема установки для определения расхода по водомеру Вентури:
1 – напорный резервуар; 2 – трубопровод; 3 – мерный бак; 4 – водомер Вентури;
5 – переливная труба; 6 – первый пьезометр; 7 – второй пьезометр;
8 – регулировочный вентиль

Далее по формулам (6.9), (6.8) и (6.6) вычислить соответственно постоянную водомера B, коэффициент скорости φ и коэффициент местного сопротивления ξ. По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный резервуар *1* и закрыть вентиль *8* на трубопроводе *2*.

Таблица 7

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Опыты		
	1	2	3
1. Показание первого пьезометра h_1, см			
2. Показание второго пьезометра h_2, см			
3. Разность показаний h, см			
4. Протекший объем воды в бак V, $см^3$			
5. Время наполнения t, с			
6. Замеренный расход Q, $см^3/с$			
7. Постоянная водомера B			
8. Коэффициент скорости φ			
9. Коэффициент местного сопротивления ξ			

По результатам вычислений построить график зависимости изменения потерь напора в водомере от расхода, то есть $h=f(Q)$.

Контрольные вопросы

1. Поясните устройство водомера Вентури.
2. Как определяется расход жидкости при помощи водомера?
3. Где в системе водоснабжения может быть установлен водомер?
4. Какую роль выполняет труба Вентури, установленная на выхлопных трубах некоторых двигателей?
5. Как можно упростить определение расхода при помощи водомера Вентури?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ИСТЕЧЕНИЕ ЖИДКОСТИ ЧЕРЕЗ ОТВЕРСТИЯ И НАСАДКИ ПРИ ПОСТОЯННОМ НАПОРЕ

Задачи работы – определить опытным путем числовые значения коэффициентов расхода, скорости, сжатия и местного сопротивления при истечении воды через круглое отверстие и внешний цилиндрический насадок.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, мерный бак, набор сменных отверстий и насадок, штангенциркуль, секундомер.

Задачу истечения жидкости из отверстий считают отправной точкой научного развития механики жидкого тела. Еще в XVII столетии Торичелли опытным путем установил, что скорость вытекания жидкости через отверстие в тонкой стенке сосуда под напором H равна:

$$\vartheta = \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ , \qquad (7.1)$$

где ϑ – скорость вытекания воды через отверстие, м/с;

g – ускорение силы тяжести, м/с^2;

H – напор над центром отверстия, м.

Полностью удалось решить вопрос об истечении жидкости лишь выдающемуся физику и математику Д.Бернулли с помощью своего уравнения:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_1^2}{2 \cdot g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{\vartheta_2^2}{2 \cdot g} + h_w \ , \qquad (7.2)$$

где Z – расстояние от плоскости сравнения до соответствующего сечения, м;

$\frac{P}{\rho \cdot g}$ – пьезометрическая высота (напор), м;

$\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}$ – скоростная высота (напор), м;

h_w – потери напора, м.

Применительно к схеме лабораторной установки:

$$Z_1=H, \tag{7.3}$$

$$P_1=P_2=P_{am}, \tag{7.4}$$

$$Z_2=0. \tag{7.5}$$

Полагая, что $H=const$, можно считать $\vartheta_1= 0$, обозначив $\vartheta_2=\vartheta$ вместо уравнения (2) получим:

$$H=\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g} \ . \tag{7.6}$$

При истечении жидкости через отверстие имеют место только местные потери напора, т.е.

$$h_w=\xi \cdot \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}, \tag{7.7}$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления,

тогда

$$H=\frac{\vartheta^2}{2 \cdot g}+\xi \cdot \frac{\vartheta^2}{2 \cdot g} \ , \tag{7.8}$$

отсюда

$$\vartheta=\sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}=\phi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ , \tag{7.9}$$

где $\sqrt{\frac{1}{1+\xi}}=\phi$ – коэффициент скорости.

Из уравнения (7.9) следует, что $\varphi = \frac{\vartheta}{\sqrt{2 \cdot g \cdot H}}$, то есть $\phi = \frac{\vartheta_{оп}}{\vartheta_{теор}}$ – коэффициент скорости представляет собой отношение действительной скорости потока к теоретической.

При истечении жидкости из отверстия в тонкой стенке происходит сжатие струи, то есть сечение вытекающей струи оказывается меньше сечения отверстия и имеет форму эллипса.

Обозначая отношение площади сжатого сечения струи $S_{сж}$ к площади отверстия S через коэффициент сжатия ε, а именно:

$$\varepsilon = \frac{S_{сж}}{S}, \tag{7.10}$$

получим, что $\varepsilon \times S = S_{сж}$, а расход воды Q, через отверстие составит:

$$Q = \vartheta \cdot S_{сж} = \vartheta \cdot \phi \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ . \tag{7.11}$$

Если обозначить

$$\vartheta \cdot \phi = \mu, \tag{7.12}$$

где μ – коэффициент расхода, то получим окончательно:

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \ . \tag{7.13}$$

Таким образом, коэффициент расхода через отверстие есть отношение опытного расхода к теоретическому, то есть

$$\mu = \frac{Q_{оп}}{Q_{теор}} \ .$$

В условиях проведения опыта скорость ϑ (без учета сопротивлений) можно определить по параметрам траектории свободно падающей струи (см. схему установки), когда

$$x = \vartheta \cdot t \ , \tag{7.14}$$

$$y = \frac{g \cdot t^2}{2} \ . \tag{7.15}$$

Исключив время t получим:

$$\vartheta = x\sqrt{\frac{g}{2y}} \tag{7.16}$$

но так как $\vartheta = \phi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$, то отсюда можно получить значение коэффициента скорости:

$$\phi = \frac{x}{2\sqrt{y \cdot H}}. \tag{7.17}$$

Численные значения коэффициентов сжатия, скорости, расхода и местного сопротивления неодинаковы для отверстий различных видов.

Поперечное сечение струи при истечении из некруглых отверстий – квадратного, треугольного и других – резко изменяется по сравнению с формой отверстия. Так, например, при истечении из квадратного отверстия сечение струи сначала деформируется в восьмиугольник, а затем принимает крестообразную форму. Такое влияние при истечении называется инверсией струи. Оно объясняется различными условиями сжатия струи по периметру отверстия (увеличение сопротивлений в углах) и различными по периметру силами поверхностного натяжения.

При истечении жидкости через цилиндрический насадок примерно в его середине имеет место сжатие транзитной струи. Вследствие сжатия потока внутри насадка возникает вакуум. Величина вакуума в сжатом сечении составляет $h_{вак}$=0,75×H.

Таким образом, полный действующий напор для насадка как бы увеличивается за счет вакуума и складывается из напора над центром входного отверстия насадка и величиной вакуума в сжатом сечении. Это способствует увеличению расхода через насадок, по сравнению с таким сечением отверстия.

Основные расчетные зависимости для насадков те же, что и для случая истечения жидкости из отверстия, то есть, расход и все коэффициенты (сжатия, скорости, расхода и местного сопротивления) определяются по приведенным выше уравнениям, но отличаются по величине.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Наполнить напорный бак водой до перелива её через переливную трубу *6* (рис. 12). Установить исследуемое круглое отверстие, измерив его диаметр. Открыть доступ воде к установленному отверстию.

Зафиксировать секундомером время t (с) протекания определенного объема V (см^3) в мерный бак, что позволит определить расход воды во время опыта.

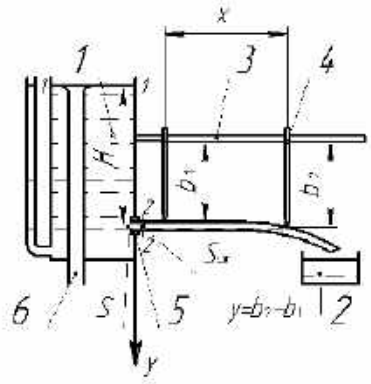


Рис.12. Схема установки для исследования истечения жидкости через отверстия и насадки:

1 – напорный бак с пьезометром; 2 – мерный бак; 3 – координатный стержень; 4 – мерная линейка; 5 – сменные отверстия или насадки; 6 – переливная труба

Одновременно замеряются параметры x и y траектории струи (см. схему установки), а также размеры струи в сжатом сечении 2-2, которое расположено на расстоянии $l \approx d$. Измеряются вертикальный d_1 и горизонтальный d_2 диаметры струи в сжатом сечении и вычисляется коэффициент сжатия струи как отношение площади эллипса к площади круга, т.е.

$$\varepsilon = \frac{S_{эл}}{S} = \frac{d_1 \cdot d_2}{d^2} . \qquad (7.18)$$

Коэффициент скорости при известных параметрах струи x и y подсчитывается по формуле (7.17).

Таблица 8

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Круглое отверстие	Внешний цилиндрический насадок
Протекший объем воды в бак V, см^3		
Время наполнения t, c		
Расход воды Q, см^3/с		
Напор над центром отверстия H, см		
Диаметр отверстия d, см		
Площадь отверстия S, см^2		
Размеры струи в сжатом сечении d_1 и d_2, см		
Коэффициент сжатия ε по формуле (7.18)		
Параметры траектории струи x и y, см		
Коэффициент скорости φ по формуле (7.17)		
Коэффициент расхода μ по формуле (7.12)		
Коэффициент расхода μ по формуле (7.13)		
Коэффициент местного сопротивления ξ по формуле (7.19)		

По полученным значениям ε и φ определяют коэффициент расхода μ по формуле (7.12) и далее коэффициент местного сопротивления по формуле:

$$\xi = \frac{1}{\varphi^2} - 1 \ . \qquad (7.19)$$

Кроме того, коэффициент расхода μ при истечении из отверстия под напором H можно найти через расход Q по формуле (7.13).

Аналогично проделать опыт для истечения воды через внешний цилиндрический насадок.

Полученные опытные значения коэффициентов ε, φ, μ и ξ сравнить с аналогичными коэффициентами, приведенными в приложении 6.

По окончании опытов перекрыть доступ воды в напорный бак и к отверстию, слить воду из мерного бака.

Контрольные вопросы

1. Что собой представляет коэффициент сжатия струи и как он определяется?
2. Какие параметры падающей струи необходимы для определения коэффициента скорости?
3. Как определяется расход жидкости?

4. Каким образом был определен коэффициент расхода при истечении жидкости через отверстие?

5. Почему при одинаковых напорах и диаметрах расход жидкости через насадок больше?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
АВТОМАТИЧЕСКАЯ БЕЗБАШЕННАЯ УСТАНОВКА ВУ-5-30

Задачи работы: изучить конструкцию, регулировки, правил эксплуатации и приобрести навыки: пуска в работу действующей установки ВУ-5-30, определения и устранения неисправностей, выполнения операции технического обслуживания и оценки ее технического состояния.

Оборудование и инструмент: автоматическая водоподъемная установка ВУ-5-30, комплект слесарного инструмента, секундомер, плакаты.

Основным назначением автоматической водоподъемной установки ВУ-5-30 (В – водоподъемная, У – установка, 5 – подача, $м^3$/ч, 30 – напор при этой подаче, соответствующей максимальному к.п.д.) является механизация и автоматизация водоснабжения для нужд животноводства.

Кроме этого, установка может быть применена для водоснабжения полевых станов, жилых и общественных зданий, небольших производственных помещений и других отдельно расположенных объектов.

Обязательным условием нормальной работы установки является бесперебойное круглосуточное энергоснабжение.

В качестве источников водоснабжения при работе установки ВУ-5-30 могут использоваться шахтные колодцы с дебитом не менее 6 $м^3$/ч или открытые водоемы. Суточный расход воды объектов, обслуживаемых установкой, не должен превышать 75 $м^3$. Техническая характеристика установки приведена в таблице 9.

Таблица 9

Техническая характеристика установки

Показатель	Значение
Номинальная производительность, $м^3$/ч.	5
Полный напор, м вод. ст	30
Масса установки (без труб), кг	250
Номинальное число включений в час	10-15
Объем воздушно-водяного бака, л	500
Максимальное рабочее давление (избыточное) в баке, МПа	0,4
Минимальное рабочее давление (избыточное) в баке, МПа	0,1
Регулирующий объем воздушно-водяного бака, л	154-115

Установка ВУ-5-30 состоит из следующих основных узлов: вихревой лопастной насос марки ВК-1/16 в сборе с электродвигателем мощностью 2,8 кВт и всасывающей трубой с приемным клапаном, воздушно-водяной бак с регулирующей и управляющей аппаратурой. Электрическая станция управления. Водопроводная сеть.

Технологический процесс работы установки

Полностью смонтированная автоматическая водоподъемная установка ВУ-5-30 запускается нажатием кнопки «вкл.» автоматического включателя станции управления, а затем работает автоматически.

Технологический процесс автоматического водоснабжения установкой осуществляется следующим образом (рис. 12).

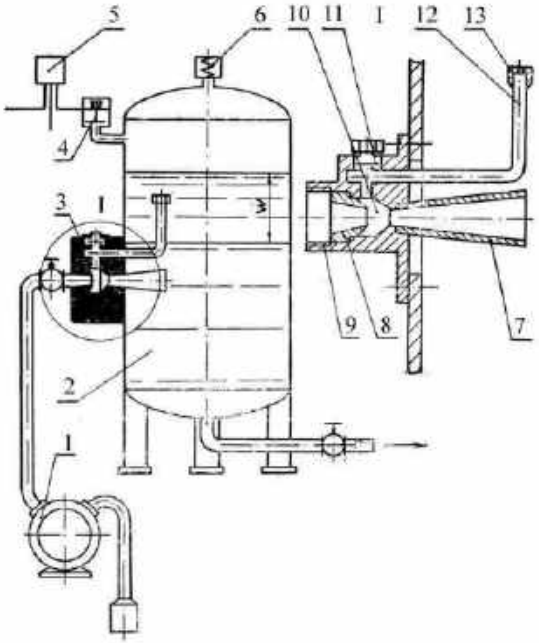


Рис. 12. Водоподъемная установка:
1 – насосный агрегат; 2 – воздушно-водяной бак; 3 – струйный регулятор запаса воздуха; 4 – реле давления; 5 – станция управления; 6 – предохранительный клапан; 7 – диффузор; 8 – сопло; 9 – корпус регулятора; 10 – камера смешения; 11 – воздушный клапан; 12 – трубка; 13 – жиклер

После нажатия кнопки «вкл» станции управления *5* насос *1* включается в работу, подавая воду в воздушно-водяной бак через струйный регулятор запаса воздуха *3*.

При расходе воды из бака *2*, меньшем производительности насоса *1*, или при отсутствии водоразбора вода будет заполнять бак *2*, сжимая воздух, находящийся в баке, до давления выключения P_2.

При достижении в баке давления выключения P_2 реле давления *4*, установленное на баке, размыкает цепь питания катушки магнитного пускателя станции управления, и он отключает электродвигатель от цепи.

При выключенном насосе вода к точкам водоразбора подается из бака под давлением сжатого воздуха. По мере расходования воды из бака давление в нем будет падать, и при достижении давления включения P_1 контакты реле давления вновь замкнутся и включат в цепь питания катушку пускателя, а пускатель включит в сеть электродвигатель насоса.

Цикл работы установки повторяется. При изменении давления в баке от P_1 до P_2 в работе участвует постоянный для данного перепада давлений регулирующий объем воды в баке, обозначаемый V.

При работе установки объем воздушной подушки в баке, расположенный над регулирующим объемом, за счет растворения части воздуха в воде, утечек воздуха через неплотности соединений постепенно уменьшается. Это приводит к уменьшению регулирующего объема и, следовательно, к более частым включениям насосного агрегата и ускоряет износ, как насоса, так и электродвигателя.

Для того чтобы автоматически поддерживать объем воздушной подушки постоянным и тем самым предотвратить ускоренный износ насосного агрегата, установка имеет струйный регулятор запаса воздуха.

Регулятор состоит из корпуса *9*, сопла *8* и диффузора *7*. На корпусе регулятора ставятся обратный дисковый воздушный клапан *11*, связанный сверлением с камерой смещения *10* регулятора, и трубка *12* с жиклером *13* на конце, которая через отверстие в корпусе регулятора сообщает внутреннюю полость бака с камерой смещения.

Автоматическая подкачка воздуха в бак струйным регулятором производится следующим образом (рис. 12).

Вода из насоса, проходя сопло *8* струйного регулятора с большой скоростью, создает разряжение в полости *10* вокруг

конца сопла (камера смещения), воздух под атмосферным давлением открывает воздушный клапан *11* и, смешиваясь с потоком воды, поступает в бак.

Подкачка воздуха будет происходить при условии, что жиклер *13* трубки струйного регулятора будет перекрыт водой. В момент пуска установки или при достаточном наполнении бака воздухом жиклер будет находиться на воздухе. В этом случае воздух под давлением из бака будет поступать по трубке в камеру смещения, погашая тем разряжение.

Воздушный клапан закроется, и подсос воздуха из атмосферы прекратится. При уменьшении воздушной подушки в баке жиклер вновь закроется водой и возобновится подкачка воздуха из атмосферы через воздушный клапан.

Струйный регулятор запаса воздуха обеспечивает разрежение в камере смешения и, следовательно, автоматическую подкачку воздуха в бак, до давления в баке 0,23-0,25 МПа.

Из описания технологического процесса работы установки видно, что применение для создания напора в качестве напорно-регулирующего герметично закрытого воздушно-водяного бака вместо открытого, располагаемого на определенной высоте, позволяет обойтись без водонапорной башни, что значительно экономичнее и гигиеничнее.

Установка ВУ-5-30 комплектуется вихревым насосом марки ВК-2/26.

Вихревые насосы представляют собой разновидность центробежных насосов, рабочие колеса которых имеют прямые радиальные лопасти. Вихревые насосы, благодаря простоте конструкции, малому весу и небольшому габариту, получили в последнее время широкое распространение. Они предназначены для перекачки маловязких жидкостей, не содержащих абразивных примесей.

Общий вид одноступенчатого насоса марки ВК (вихревой) с насаженным на консоли вала вихревым колесом показан на рис. 13.

Промышленность выпускает насосы подобного типа нескольких размеров. Буквы и цифры, составляющие марку насоса, обозначают: В – вихревой; К – консольный; числитель дроби – подача, л/с, знаменатель – напор, м. Кроме того, существуют еще насосы ВКО - вихревой обогревный (охлаждаемый) и ВКС – вихревой самовсасывающий. Обогревные насосы ВКО применяются для перекачки легко застывающих жидкостей, например, фенола.

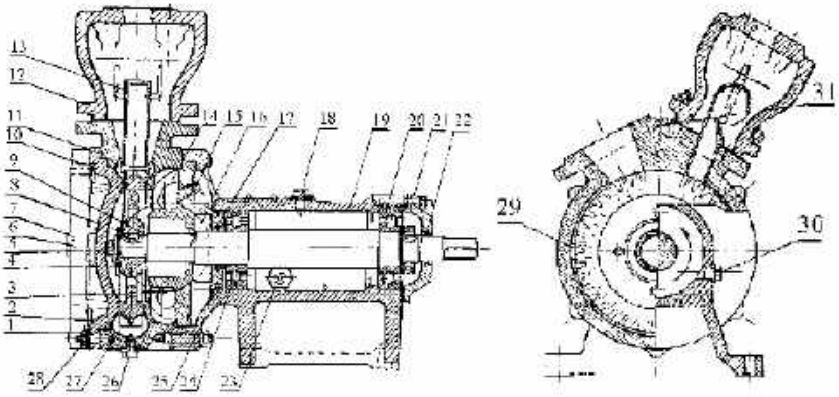


Рис. 13. Вихревой самовсасывающий одноступенчатый насос:
1 – корпус; 2, 3 – наружная и внутренняя крышки; 4 – рабочее колесо;
5 – спец. болт; 6, 10, 15 – отверстия для присоединения паропроводов;
7 – обогревная крышка; 8 – шпонка; 9 – регулировочные шайбы; 11 – уплотнение;
12 – колпак; 13 – воздухоотвод; 14 – измененная внутренняя крышка; 16 – вал;
17, 22 – войлочное кольцо; 18, 23 – отверстия для заливки, слива и контроля
уровня масла; 19 – чугунная опорная ванна; 20, 24 – шарикоподшипники;
21 – крышка; 25 – резиновые кольца; 26 – пробка; 27 – каналы; 28 – шпилька
с гайкой; 29 – вихревой канал; 30 – масляная пробка; 31 – перемычка

Насосы ВК, ВКС, ВКО состоят из гидравлической и приводной частей. Гидравлическая часть имеет следующее устройство. Внутри чугунного корпуса проходят каналы *27* и *29*, расположенные по направлению вращения колеса *4* от входного до напорного патрубков. Перемычка *31* отделяет всасывающую часть от напорной. Наружная крышка *2* крепится к корпусу *1* шпильками и гайками *28*. Внутренняя крышка *3* служит задней стенкой корпуса насоса и корпусом сальника.

Колесо *4* представляет собой стальной диск с фрезерованными по окружности пазами, образующими лопасти колеса, колесо закреплено на валу шпонкой *8* и специальным болтом с шайбой; *11* – уплотнение. Торцовый зазор между крышкой *3* и колесом *4* регулируется регулировочными, шайбами *9*, а между колесом и наружной крышкой *2* – прокладками. Для нормальной работы вихревого колеса необходимо, чтобы торцовые, зазоры были в пределах 0,05 - 0,15 мм. Особое значение имеет уплотнение сальника, отделяющего жидкость от масляной ванны. При нарушении этого уплотнения жидкость попадает в масляную ванну, что вызывает

интенсивный износ подшипников. У модернизированных вихревых насосов вода, прошедшая через сальник, не может попасть в масляную ванну, а стекает через отверстие в корпусе насоса. Приводная часть состоит из чугунной опорной ванны *19*. Опорами вала *16* служат радиальные шарикоподшипники *24* и *20*. Крышка *21* закрепляет наружное кольцо шарикоподшипника и удерживает войлочное кольцо *22*. Во внутренней крышке имеется второе войлочное кольцо *17* и уплотняющие резиновые кольца *25*, устраняющие возможные утечки масла через радиальный зазор в этом соединении. Три отверстия, закрытые пробками *18*, *23*, *30*, предназначены для заливки, слива и контроля уровня масла. Отверстие, закрытое пробкой *26*, служит для опорожнения корпуса насоса.

Насосы ВКО отличаются от насосов ВК наличием обогревной крышки *7*, закрепленной на наружной крышке *2* корпуса, и измененной внутренней крышке *14*, в которой устроен обогревный канал. Крышка *7* имеет отверстия *6*, *10*, *15* для присоединения пароводов. Давление подводимого пара 0,5 МПа.

Насосы ВКС отличаются от насосов ВК тем, что имеют дополнительный узел, состоящий из чугунного колпака *12* и стального воздуховода *13*, которые и обеспечивают самовсасывающую способность насоса. Насосы ВКС могут поднимать воду на высоту $H_{вс}$ = 3 - 4 м.

Вихревые насосы обычно применяют, когда надо подавать сравнительно небольшие количества воды на большую высоту.

У насосов необходимо периодически проводить подтяжку сальника. Сальник считается подтянутым нормально, если через него просачивается вода отдельными каплями в количестве 40-50 штук в минуту.

Технические характеристики ряда вихревых насосов типа ВК приведены в таблице 10 и рис 14.

Таблица 10

Технические характеристики вихревых насосов типа ВК

Марка насоса	Подача, $м^3/ч$	Напор, м	Мощность электродвигателя, кВт	К.П.Д. насоса, %	Допускаемая высота всасывания, м
ВК 1/16	1,1-3,7	40-41	1,5	25	6,0
ВК 2/26	2,4-8,0	60-20	2,2	30	5,0
ВК 4/24	5,7-15,3	70-20	2,2	37	4,0
ВК 5/24	8,5-18,5	70-20	5,5	35	3,5
ВК 10/45	18,0-40,0	85-30	17,0	32	3,0

Примечание. Частота вращения насосов 1450 об/мин

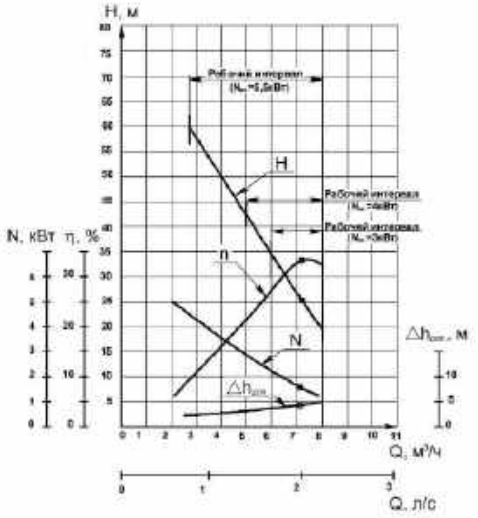


Рис. 14. Характеристика насосов ВК 2/26, ВКО 2/26, ВКС 2/26

Перед запуском установки нужно проверить правильность установки всех узлов и деталей, надежность их крепления, залить воду во всасывающую трубу и насос; проверить направление вращения вала насоса и герметичность всех соединений. Для этого закрыть вентиль на разводящей сети, и, включив установку, повысить давление в баке до 0,4 МПа. Поддерживая давление в баке постоянным, проверить плотность всех резьбовых соединений. Устранить течь. Необходимо помнить, что герметичность всех резьбовых соединений является одним из основных условий нормальной работы установки.

Пуск установки производится нажатием кнопки «вкл» станции управления, после чего насос подает воду в бак, а из бака вода поступает в систему водоразбора или при небольшом водоразборе давление в баке будет расти и при достижении давления выключения реле давления выключит установку.

При неработающем насосе вода в систему будет поступать из бака и после израсходования регулирующего объема реле давления включит насос установки. При расходе воды, равном половине производительности, установка будет включаться 10 - 15 раз в час.

Исходя из местных условий, необходимо отрегулировать реле давления.

Во время эксплуатации насоса следует помнить, что все вращающиеся части должны иметь ограждения. При проведении ремонтных работ электродвигатель должен быть полностью отключен от источников электрического тока.

Категорически запрещается запускать насос без предварительного его заполнения перекачиваемой жидкостью, а также подтягивать сальниковое уплотнение или устранять какие-либо неполадки при работающем насосе.

Техническое обслуживание (ежесменное и годовое)

Конструкция автоматической водоподъемной установки обеспечивает длительную и бесперебойную работу без участия человека, Установка требует только месячного и годового технического обслуживания.

При ежесменном техническом обслуживании выполняются следующие операции. Внешним осмотром проверяют герметичность всех резьбовых и фланцевых соединений. При необходимости подтягивают крепления. Убеждаются в отсутствии утечек, в частности утечки воды через приемный клапан. Для этого необходимо давление в баке повысить до давления выключения, закрыть вентиль водоразбора и проследить за показаниями манометра. При наличии утечек давление будет постепенно падать. В этом случае необходимо выявить причину и устранить неисправность. Проверяют всасывающую способность струйного регулятора. Для этого надо снизить давление в баке до 200 кПа, включить установку и приложить палец к воздушному клапану. Всасывание воздуха должно проходить в интервале давлений от 180 до 230-250 кПа. При отсутствии всасывания необходимо выпустить воду из бака, отвернуть воздушный клапан, проверить исправность щелевого клапана и посмотреть, не засорилось ли отверстие в корпусе клапана. Всасывание воздуха может отсутствовать и при засорении жиклера трубки струйного регулятора запаса воздуха. Для этого необходимо разобрать струйный регулятор, прочистить жиклер и продуть трубку.

Убеждаются в правильности настройки реле давления по шкалам и состоянию контактной группы. При необходимости регулируют реле давления по манометру, а подгоревшие контакты зачищают. Неисправности реле, способы их устранения и правила настройки изложены в руководстве по монтажу и эксплуатации реле давления.

Проверяют работу сальника насоса. Правильно работающий сальник должен давать незначительный пропуск воды в виде отдельных капель (40-50 в минуту). Проверяют температуру подшипников, которая не должна превышать 50 °С, уровень масла в опорной ванне насоса. Во время работы насоса не должно наблюдаться вибрации и сотрясений. Наличие этих явлений указывает на плохую центровку насоса с электродвигателем. У электродвигателя проверяют режим работы, нагрев, состояние выводных концов. Очищают электродвигатель от загрязнений.

Устанавливают надежность заземления всех узлов установки, при необходимости зачищают контакты.

При проведении годового технического обслуживания необходимо провести ежесменное техническое обслуживание и дополнительно выполнить следующие операции.

При наружном осмотре воздушно-водяного бака должно быть обращено внимание на следующие возможные дефекты: трещины, надрывы, коррозию стенок.

Гидравлические испытания воздушно-водяного бака проводят через каждые 8 лет пробным давлением 600 кПа. Под этим давлением бак выдерживается в течение 5 минут, затем давление снижают до рабочего, осматривают сосуд и обстукивают сварные швы молотком массой 0,5 кг. Поднимать давление до пробного и снижать его до рабочего следует постепенно. Сосуд признается выдержавшим испытания, если: не обнаружено признаков разрыва; не замечается течи и остаточных деформаций после испытания. Результаты осмотров и гидравлических испытаний следует заносить в паспорт бака.

Проверяют работоспособность предохранительного клапана. Он должен сработать при давлении 420-460 кПа. Если при повышении давления более 460 кПа клапан не срабатывает, необходимо выключить установку, выпустить воду из бака, разобрать клапан, устранить обнаруженные дефекты (заедание плунжера или пружины, появление ржавчины и пр.). После установки клапана включить установку, как описано выше, и завинчиванием или отвинчиванием пробки отрегулировать клапан на давление срабатывания 420-460 кПа.

Вынимают приемный клапан, чистят от ржавчины и осадков, проверяют состояние резиновой прокладки и при необходимости ее заменяют, а также чистят фильтр.

При годовом техническом обслуживании проводят профилактический ремонт электродвигателя: разбирают электродвигатель и заменяют смазку подшипников. Перед набивкой свежей смазки подшипники должны быть тщательно промыты бензином. Камеру заполняют смазкой на $^2/_3$ ее объема. Уровень масла в опорной ванне должен быть ниже заливного отверстия на 15-20 мм.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Перед испытанием установки открыть кран на подводящей линии и закрыть кран на сбросной линии. Включить насос нажатием кнопки «вкл» станции управления. Одновременно включить секундомер. Записать время наполнения бака по секундомеру и давление автоматического выключения P_2 насоса по манометру. Включить секундомер и открыть кран на сбросной линии. Записать давление P_1 автоматического включения насоса по манометру. Одновременно записать время t сработки регулирующей емкости бака.

Полученные данные записать в таблицу 11.

Таблица 11

Запись и обработка опытных данных

Показатели	Опыты	
	1	2
Давление включения $P_{вкл}$, кг/см^2 (кПа)		
Давление выключения $P_{выкл}$, кг/см^2 (кПа)		
Рабочий объем резервуара V, л (м^3)		
Время сработки t_1, с		
Время наполнения бака t_2, с		
Средний расход потребления $Q_{ср} = V/t_1$, л/с		
Средняя подача насоса $Q_{ср} = V/t_2$, л/с		

Контрольные вопросы

1. Из каких основных частей состоит водоподъемная установка?
2. Расшифруйте марку установки и насоса.
3. Из каких основных элементов состоит струйный регулятор запаса воздуха?
4. Как осуществляется пополнение бака воздухом?
5. Охарактеризуйте достоинства и недостатки без башенной водокачки.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
ВОДОСТРУЙНАЯ УСТАНОВКА ВН-2Ц-6

Задачи работы: изучение устройства и принципа действия водоструйной установки и исследование эффекта увеличения высоты всасывания в случае последовательной работы струйного аппарата и центробежного насоса, определение и устранение неисправностей.

Оборудование и инструмент: водоструйная установка ВН-2Ц-6, арматура, комплект слесарного инструмента, модель водоструйного насоса, плакаты.

Водоструйные установки состоят из центробежного насоса *2* (рис. 15), смонтированного на общей плите с электродвигателем *1* и струйного аппарата *11*, и предназначены для подачи воды из шахтных и трубчатых колодцев.

Преимуществом водоструйных установок по сравнению с другими машинами аналогичного назначения является высокая эксплуатационная надежность, обуславливаемая тем, что в подводной части установки отсутствуют подвижные детали и трущиеся сопряжения, вызывающие механический износ.

Нам известно, что центробежный насос может подавать воду лишь при условии, если высота всасывания не превышает некоторой определенной величины, ограниченной значением $H_{вак}^{доп}$. Работа центробежного насоса со струйным аппаратом позволяет центробежному насосу осуществлять подъем воды с глубины, значительно превышающей $H_{вак}^{доп}$, за счет создания струйным аппаратом перед входом в центробежный насос давления, обеспечивающего нормальную работу последнего.

В основу работы струйного аппарата положен принцип непосредственной передачи энергии потока, обладающего большим запасом энергии, другому, обладающему меньшим запасом энергии, путем непосредственного вовлечения в движение частиц перекачиваемой воды частицами рабочей воды, движущейся с большей скоростью.

Промышленность выпускает водоструйные установки нескольких типов. Общее обозначение их ВН-*а*-*б* – для трубчатых колодцев, где В – водоструйный, Н – насос, *а* – число потоков жидкости, выходящей из насоса; *б* – диаметр обсадной трубы в миллиметрах, уменьшенный в 25 раз.

Если вместе с *а* имеется буква Ц, то это означает, что струйный аппарат монтируется с центральным расположением труб.

Отсутствие этой буквы Ц указывает на то, что струйный аппарат монтируется с параллельным расположением труб.

Водоструйные установки, выпускаемые для подъема воды из шахтных колодцев, имеют обозначение ВН-*а*-*ш*, где *ш* – шахтный.

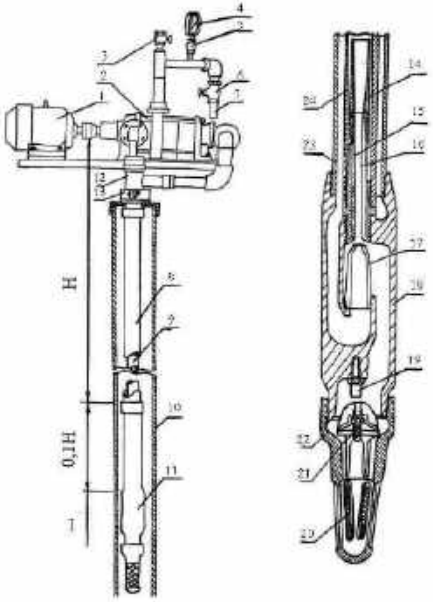


Рис. 15. Водоструйная установка ВН-2Ц-6:
1 – электродвигатель; 2 – центробежный насос; 3 – продувочный вентиль; 4 – манометр; 5 – кран манометра; 6 – регулировочный кран; 7 – нагнетательная труба; 8 – напорная труба; 9 – водоподъемная труба; 10 – трубчатый колодец; 11 – струйный аппарат; 12 – хомут монтажный; 13 – выпускная головка; 14 – диффузор; 15 – сменная гильза камеры смешения; 16 – камера смешения; 17 – сопло; 18 – корпус; 19 – ограничитель хода клапана; 20 – фильтровая сетка; 21 – клапан; 22 – клапанная коробка

Техническая характеристика водоструйных установок дана в табл. 12.

Водоструйный аппарат (рис. 15) состоит из корпуса *18* с каналом и приемной камерой. Снизу на корпус навернут приемник с сетчатым фильтром *20*. В приемнике помещается клапан *21* с резиновой уплотнительной прокладкой. Ход клапана ограничивается упором *19*.

Таблица 12

Техническая характеристика водоструйных установок

Марка установки	Марка центробежного насоса	Мощность двигателя, кВт	Глубина подъёма воды, м	Производительность, м³/ч	Свободный напор над осью насоса, мм	К.П.Д.,%	Минимальный диаметр трубчатого колодца, мм
ВН-2-8	2К-6	4,5	8-28	16,0-3,6	20	40-18	200
	3К-9	7,0	17-41	14,0-3,8	25	30-18	200
	ЦДС-2	7,0	15-30	14,4-8,6	50	44-35	150
ВН-2Ц-6	ЦДС-3	10,0	30-50	10,8-7,2	50	35-28	150
	ЦДС-4	14,0	50-75	10,4-6,8	50	27-30	150
	ЦНМ-0,6	0,6	10-20	2,0-1,0	10	25-18	125
ВН-2-Ш	ЦНС-1,7	1,7	10-35	5,4-1,8	25-35	38-25	150
ВН-1-6	3К-9	7,0	10-30	26,0-8,0	25	40-25	150
ВН-1-4	2КМ-6	4,5	10-25	12,0-4,0	20-25	38-25	100
ВН-1-3	ЦНМ-0,6	0,6	10-20	2,0-1,0	10	25-18	80

Сопло с диаметром 9,4 мм ввернуто в выходной конец U-образного канала, камера смещения *16* со сменной насадкой *15*, имеющей диаметр 15 мм, и диффузор *14* составляют проточную часть водоструйного аппарата.

Диаметр установленной сменной насадки зависит от рабочего уровня воды в скважине и поэтому согласовывается с заказчиком. В верхней части корпуса аппарата присоединяется напорный трубопровод *23*, внутри которого помещается водоподъемный трубопровод *24*.

Работает водоструйная установка следующим образом.

Вода из центробежного насоса под напором всех ступеней подается в напорный трубопровод. По напорному трубопроводу вода подводится к водоструйному аппарату. В аппарате вода через U-образный канал и сопло с большой скоростью входит в смесительную камеру, захватывая воду из приемной камеры аппарата, создавая в ней разряжение.

Понижение давления в приемной камере вызывает непрерывное поступление в нее воды из скважин через клапан *21*.

В камере смещения рабочий поток и вода, подсасываемая из приемной камеры, смешиваются, выравниваются скорости и поступают далее в диффузор, где скорость потока снижается и преобразуется в статический напор, под которым вода по водоподъемному

трубопроводу подается к всасывающему патрубку центробежного насоса.

Водоструйные установки комплектуются насосом ЦДС-4 – четырехсекционным, центробежного типа, с промежуточным отбором полезного расхода. Насос состоит из входного патрубка *10* (рис. 16), промежуточных секций *6*, напорных патрубков *4* (к потребителю) и *8* (к струйному аппарату). В каждой секции размещается рабочее колесо *9* и направляющий аппарат *5*.

Вал насоса *11* опирается, с одной стороны, на три радиально-упорных шарикоподшипника, а с другой – подшипники скольжения *7*.

В корпусе всасывающей камеры вал уплотняется сальником *2* с гидравлическим затвором *3*, препятствующим подсосу воздуха в насос.

Во второй спиральной секции насоса за счет прилива, имеющегося на корпусе, водяной поток раздваивается: одна его часть к потребителю, а другая, пройдя все четыре секции, снова входит в напорный трубопровод для питания водоструйного аппарата. Количество воды, поступающей из насоса к потребителю и в водоструйный аппарат, регулируется краном *6* (рис. 15).

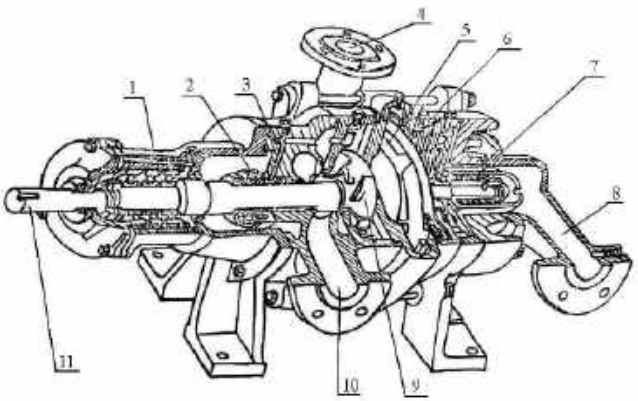


Рис. 16. Насос ЦДС-4:
1 – шариковые подшипники; 2 – сальник; 3 – гидравлический затвор;
4, 8 – напорные патрубки; 5 – направляющий аппарат;
6 – промежуточная секция; 7 – подшипник скольжения; 9 – рабочее колесо;
10 – всасывающий патрубок; 11 – вал

Работа с агрессивными водами приводит к быстрому выходу из строя насоса и водоструйного аппарата.

Монтаж, пуск и регулировка установки на рабочий режим

Монтаж водоструйной установки проводится с помощью, монтажных хомутов *12*, монтажной муфты с планкой треноги, установленной над центром скважины и тали грузоподъемностью не менее 2-х тонн.

Перед монтажом водоструйный аппарат ставят вертикально и заливают водой, чтобы проверить плотность прилегания приемного клапана. Если клапан пропускает воду, то аппарат опускать в скважину разрешается только после устранения причины, вызвавшей утечку.

Водоструйный аппарат в скважине подвешивается на напорной трубе, внутри которой помещается водоподъемная труба *9* (рис. 15). Звенья напорной и водоподъемной труб должны быть подогнаны по длине так, чтобы после опускания водоструйного аппарата на заданную глубину конец водоподъемной трубы повышался над выпускной головкой *13* на 100-150 мм.

Опускание струйного аппарата осуществляется одновременным наращиванием звеньев напорной и водоподъемной труб с помощью муфт. Стыки резьбовых соединений тщательно уплотняются льняной прядью, пропитанной суриком. На верхний конец напорной трубы навертывается спускная головка с сальником, уплотняющим выход водоподъемной трубы из головки.

Водоструйный аппарат должен быть погружен ниже рабочего уровня воды в скважине не менее чем на 0,1 расстояния от рабочего уровня до оси центробежного насоса.

Центробежный насос, смонтированный на общей раме с электродвигателем, устанавливается на фундаменте, расположенном рядом со скважиной. По выходе из скважины напорная труба посредством отвода выпускной головки присоединяется к напорному патрубку, а водоподъемная – к всасывающему патрубку центробежного насоса.

На нагнетательной трубе *7* устанавливаются манометр *4* и регулировочный кран *6*, служащий для пуска установки в работу, регулирования расхода воды и для отключения установки от наружной водопроводной сети.

На нагнетательной трубе устанавливается также продувочный вентиль *3*, служащий для периодического удаления воздуха из установки.

Перед первичным пуском в работу водоструйной установки необходимо: проверить наличие смазки в шарикоподшипниках

центробежного насоса. Проворачивая вал рукой, проверить отсутствие заедания в насосе. Необходимо также проверить достаточную заливку установки водой, которая должна производиться до полного удаления пузырьков воздуха из продувочного крана. После этого при закрытых кранах *3*, *5* и *6* кратковременным включением электродвигателя проверяется направление его вращения, которое должно быть по часовой стрелке со стороны приводной муфты.

Первичный пуск установки в работу производится при закрытых кранах *3*, *5* и *6*.

Кран манометра *5* открывают после запуска двигателя, который при этом будет показывать максимальное давление. Затем проверяется правильность набивки сальника, который должен при работе насоса медленно (30 - 50 капель в минуту) пропускать воду. Сильно затянутый сальник приводит к перегрузке и заеданию вала насоса. При большой утечке воды через сальник его надо подтянуть или набить новый. Убедившись в правильной регулировке сальника, медленно открывают кран *6*, направляя часть воды к потребителю. При этом давление будет падать. Наблюдая за показаниями манометра, кран *6* медленно открывают до тех пор, пока не произойдет срыв работы водоструйной установки, т. е. она не будет подавать воду, что фиксируется резким падением давления. Давление в момент срыва фиксируется, и при повторном запуске (в прежнем порядке) кран *6* открывают до тех пор, пока давление не установится на 40 - 60 кПа выше срывного режима. В таком положении установка будет отрегулирована на устойчивый режим работы при максимальной подаче.

В дальнейшем при запусках установки в работу никаких регулировок уже не требуется. Необходимо следить только за тем, чтобы не нарушалась регулировка крана *6*.

Уход за водоструйной установкой при ее эксплуатации

При наличии систематического несложного ухода за водоструйной установкой обеспечивается надежная и бесперебойная ее эксплуатация.

Для этого ежедневно во время работы установки необходимо следить за показаниями манометра, которые должны соответствовать первоначальной регулировке на рабочий режим. При отклонениях регулировку следует восстановить с помощью регулировочного крана.

Точно так же необходимо контролировать температуру нагрева подшипникового узла, которая не должна превышать 60°С, а также состояние основного сальника, который должен быть холодным. Температура в помещении установки насоса должна быть не ниже +3°С.

Контрольные вопросы

1. Расшифруйте марку установки. Назовите основные элементы.
2. Чем объясняется большая высота всасывания установки?
3. Из каких основных частей состоит секционный насос ЦДС-4?
4. Как осуществляется подготовка установки к пуску?
5. Объясните, почему необходимо устанавливать давление срыва.
6. Назовите положительные и отрицательные качества установки, пути повышения эффективности работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ПОГРУЖНЫЕ НАСОСЫ ДЛЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Задачи работы: изучить конструкцию, требования к подготовке скважины и насоса для работы, освоение правил пуска и эксплуатации насоса и применение их на действующей установке.

Оборудование и инструмент: действующий насос ЭПЛ-6-18-75 с системой автоматического управления, насос в разрезе, сменные рабочие колеса, комплект слесарных инструментов, плакаты.

Погружные насосы могут иметь различный принцип действия, за счет которых осуществляется всасывание:

Центробежный – функционирует за счет центробежной силы. Отличаются простой конструкцией. Они надежны и экономичны в эксплуатации, и обеспечивают бесперебойный поток воды. По устойчивости к мелким загрязнениям они уступают шнековым, но превосходят вихревые модели.

Вихревой – имеет округлый корпус и рабочее колесо, оборудованное лопастями. Такие устройства могут легко получить повреждение даже от небольших частиц, попавших в систему, но они имеют более мощный напор, чем центробежные. Также они имеют меньший в 3 раза КПД, в сравнении с центробежными.

Шнековый (винтовой) – отличительной особенностью этого типа насосов является высокая надежность, так как они отлично справляются с водой, имеющей высокую концентрацию песка.

Также такие устройства выдают минимальный шум и вибрацию при работе. Однако, они выдают меньшую производительность, чем остальные виды.

К центробежным погружным насосам относятся:

- погружные скважинные насосы типа ЭПЛ;
- погружные насосы типа ЭЦВ.

Погружные насосы типа ЭПЛ (рис. 17, а) выпускаются нескольких модификаций и предназначены для откачки воды из скважин диаметром 150 мм и более.

Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭПЛ

ЭПЛ	Э – электрический, П – погружной, Л – «Ленинград» – марка завода;
-XX	Внутренний диаметр обсадной трубы уменьшенный в 25 раз, мм
-XXX	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-XXX	Номинальный напор в метрах водяного столба

Погружные скважинные насосы типа ЭЦВ (рис. 17, б) состоят из асинхронного погружного электродвигателя и одно/многоступенчатого центробежного насоса, соединенных между собой жесткой муфтой.

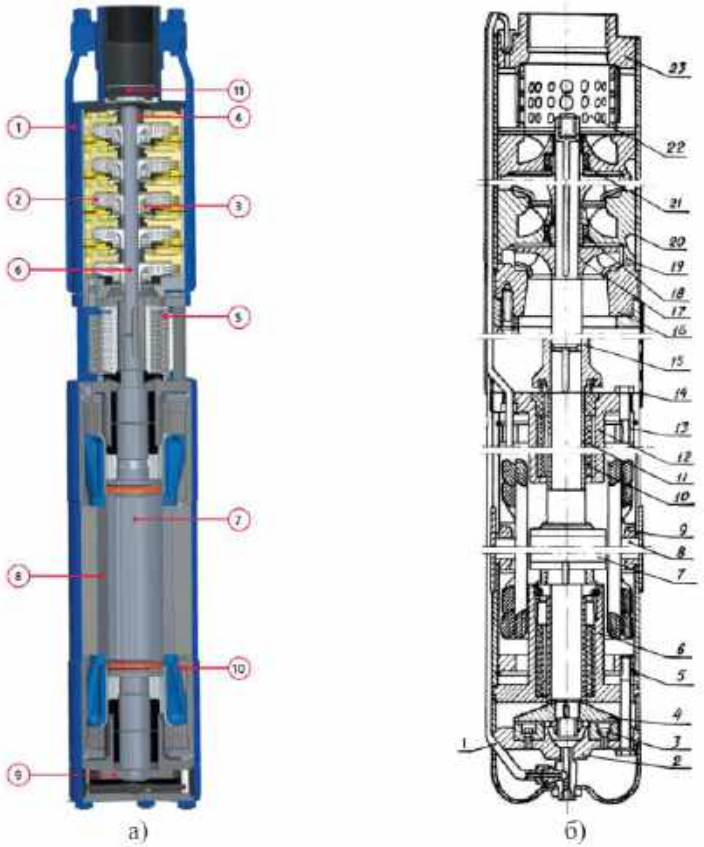
Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭЦВ

X	Порядковый номер модернизации
ЭЦВ	Тип насоса – с элекродвигателем, центробежный, для подачи воды;
-XX	Внутренний диаметр обсадной трубы в дюймах
-XXX	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-XXX	Номинальный напор в метрах водяного столба
-XXX	Обозначение материала

Жидкость подаётся через расположенный между насосом и электродвигателем подвод, защищённый от попадания крупных механических частиц сетчатым фильтром.

Широкий диапазон размеров (от 4″ до 12″) даёт возможность предлагать наиболее подходящие для потребителей решения,

позволяющие экономить энергию, уменьшать эксплуатационные расходы и снижать воздействие на окружающую среду.



а) б)

Рис. 17. Центробежные погружные насосы

а) насос ЭЦВ с электродвигателем:

1 – корпус насоса; 2 – гидравлическая разгрузка рабочих колес; 3 – рабочие колёса, 4 – восьмигранный подшипник; 5 – фильтр; 6 – вал насоса; 7 – ротор; 8 – статор электродвигателя; 9 – самоцентрирующийся упорный подшипник; 10 – обмоточный провод; 11 – встроенный обратный клапан

б) насос ЭПЛ с электродвигателем:

1 – трубка; 2 – корпус; 3, 6, 12, 18 – подшипник; 4 – опорная пята; 5, 13 – кольцо; 7 – ротор; 8 – статор электродвигателя; 9 – упорные кольца; 10 – резинометаллические втулки; 11 – гильза; 14 – фильтр; 15 – соединительная втулка; 16 – опорное кольцо; 17 – рабочие колеса; 19 – отводы; 20 – корпус насоса; 21 – распорные втулки; 22 – сетчатый фильтр; 23 – напорный патрубок

В насосах типа ЭПЛ применяются гидравлические неразгруженные рабочие колеса и специальной конструкции отводы с обратными клапанами.

Рабочие колеса *17* изготовлены из чугуна (пластмассы) и закреплены на валу насоса с помощью общей шпонки и распорных втулок *21*. Отводы *19* служат для направления жидкости от одного колеса к центру следующего. Они выполнены из чугуна и помещены в корпус насоса *20* в виде стальной трубы.

Направляющие каналы отвода образованы лопатками, очерченными по логарифмической спирали. Обратные каналы отвода диффузорные винтовой формы. В верхней части корпуса расположен напорный патрубок *23*, имеющий внутреннюю резьбу для присоединения насоса к колонне водоподъемных труб. Вал насоса многоопорный, опорами являются резиновые подшипники *18*, расположенные в отводах.

Распорные втулки изготовлены из нержавеющей стали и одновременно защищают вал от износа. Насос посредством опорного кольца *16* крепится болтами к фланцу корпуса верхнего подшипника двигателя. Вал насоса соединяется с валом двигателя при помощи соединительной втулки *15*, которая в нижней своей части имеет лабиринтное уплотнение и одновременно является пескосбрасывателем.

Приводом насоса служит асинхронный трехфазный водозаполненный электродвигатель с короткозамкнутым ротором.

Статор *8* электродвигателя представляет собой сердечник, набранный из пластин листовой электротехнической стали, покрытый изоляционным лаком. Статорный сердечник от осевого смещения фиксируется упорными кольцами *9*, а от проворота удерживается продольной шпонкой. Пазы статора закрытые. Обмотка статора выполнена проводом, имеющим специальную изоляцию из полихлорвинилового пластика, что обеспечивает надежную работу электродвигателя в воде.

Ротор *7* электродвигателя представляет собой пакет пластин электротехнической стали, который удерживается на валу замками-кольцами. В пакете ротора имеются отверстия, в которые укладываются медные стержни, соединяемые на выводах с помощью колец. Для уменьшения износа шеек вала в подшипниках на шейке напрессованы гильзы *11* из нержавеющей стали с поверхностной закалкой. В корпусах верхнего *12* и нижнего *6* подшипников запрессованы резинометаллические втулки *10*. Корпус верхнего

подшипника крепится болтами к кольцу *13*, находящемуся в стакане статора, и служит одновременно для присоединения электродвигателя к насосному узлу. Верхняя часть корпуса подшипника выполнена в виде ребер и является приемной частью при заборе воды из скважины. На ребре корпуса подшипника крепится защитная сетка *14*. Ввод питающего кабеля осуществляется через отверстия в корпусе верхнего подшипника с резиновым уплотнением.

Осевая сила, возникающая при работе насоса, и собственный вес роторов электродвигателя и насоса воспринимаются опорной пятой, опирающейся на подпятник. Опорная пята *4* выполняется из нержавеющей стали, и крепится на валу с помощью шпонки и стопорной гайки. Лигнефолевый подпятник *3* запрессован в стальной корпус *2* и крепится к нему болтами с потайной головкой. Корпус подпятника крепится к кольцу *5* в стакане статора болтами, которые одновременно фиксируют корпус нижнего подшипника.

Во время работы электронасос находится под водой, причем динамический уровень воды в скважине должен быть выше головки насоса не менее чем на 1 м. Засасываемая через сетку *14* насоса вода поступает в первое рабочее колесо, откуда под давлением выходит в отвод и затем направляется на вход следующего рабочего колеса и так далее до выхода из насоса. Вода подается на поверхность по колонне водоподъемных труб.

Для лучшего отвода тепла, выделяющегося при работе электродвигателя, создается принудительная циркуляция охлаждающей воды через электродвигатель. Охлаждающая вода подается со стороны нагнетания через сетчатый фильтр *22*, расположенный в верхней части корпуса насоса, и по трубе *1* поступает во внутреннюю полость электродвигателя через отверстие в подпятнике. Вода, протекающая под действием перепада давлений через зазор между пятой и подшипником, служит смазкой упорного подшипника и охлаждает его.

Конструктивные особенности насосов ЭЦВ.

Корпус насоса из толстостенной стальной трубы для максимальной жесткости и прочности конструкции.

Гидравлическая разгрузка рабочих колес значительно уменьшает осевую силу, действующую на осевой подшипник электродвигателя, что заначительно увеличивает его ресурс.

Запатентованная конструкция пластмассовых рабочих колёс, армированных нержавеющей сталью, значительно повышает срок службы насоса.

Таблица 13

Технические характеристики погружных насосов

Марка агрегата	Подача, Q м³/час	Напор, H м	Электродвигатель погружной		Диаметр обсадной трубы, мм, не менее	Размеры, мм		Масса, кг
			Мощность номинальная кВт	Частота вращения, об/мин.		В поперечном сечении	Длина	
ЭПЛ6-18-100	18	100	9,8	2850	150	99	2700	
ЭПЛ6-18-70	18	70	5,5	2835	150	99	1750	
ЭПЛН10-100-95	100	95	50	2000	250	145	2000	
ЭЦВ4-1,5-100	1,5	100	1,1	2850	124,6	98	1319	30
ЭЦВ4-2,5-50	2,5	50	0,75	2850	124,6	98	1132	23
ЭЦВ5-4-125	4	125	4	2850	124,6	98	1924	56
ЭЦВ5-5-40	5	40	1,5	2850	124,6	120	1326	46
ЭЦВ5-6,5-120	6,5	120	4	2850	150	120	1924	57,5
ЭЦВ6-4-90	4	90	2,8	2850	150	145	1474	79
ЭЦВ-6-6,5-100	6,5	100	4,5	2850	150	145	1562	76
ЭЦВ-6-6,5-105	6,5	105	4,5	2850	150	145	1562	76
ЭЦВ6-6,5-300	6,5	300	11	2850	150	145	2762	126
ЭЦВ6-10-290	10	290	13	2850	150	145	2196	144
ЭЦВ8-16-300	16	300	22	2900	200	186	2668	241
ЭЦВ8-25-300	25	300	32	2900	200	186	2976	263
ЭЦВ8-30-230	30	230	32	2900	200	186	2718	254
ЭЦВ8-40-200	40	200	37	2900	200	186	2880	295
ЭЦВ8-57-70	57	70	18,5	2900	200	186	1972	179
ЭЦВ10-65-275	65	275	65	2919	250	235	2860	421
ЭЦВ10-80-30	80	30	20	2919	250	235	1420	190
ЭЦВ10-120-120	120	120	65	2919	250	235	2417	430
ЭЦВ12-160-100	160	100	65	2919	300	281	2414	450
ЭЦВ12-255-30	255	30	32	2919	300	281	1367	254

Восьмигранные подшипники для лучшего отвода песка.

Встроенный фильтр на входе в насос.

Валы насоса и электродвигателя из нержавеющей стали.

«Беличья клетка» ротора из меди увеличивает эффективность и надежность электродвигателя при работе в сложных условиях.

Увеличенная длина статора и ротора повышает надежность электродвигателя, снижает чувствительность к перепадам напряжения и улучшает охлаждение.

Самоцентрирующийся упорный подшипник для восприятия осевой нагрузки.

Обмоточный провод с высокотемпературной изоляцией (до 100°С) снижает чувствительность двигателя к перепадам напряжения и увеличивает его ресурс.

Встроенный обратный клапан предотвращает гидроудары и обратное вращение насоса.

К вихревым погружным насосам относятся:

Электронасос серии «Иртыш» типа ПД (рис. 18).

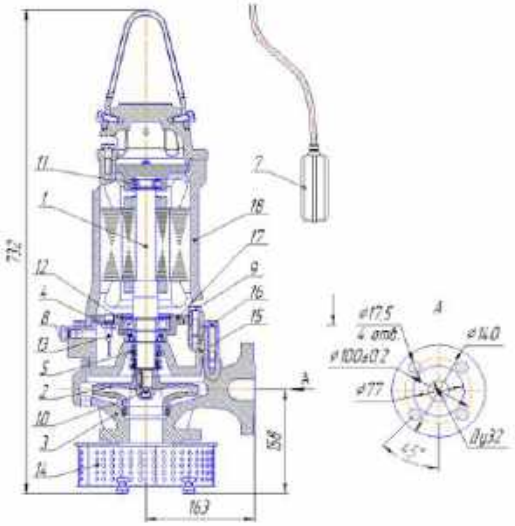


Рис. 18 Общий вид, габаритные и присоединительные размеры электронасоса «Иртыш» ПДС 32/160 – 3/2

1 – электродвигатель; 2 – колесо рабочее; 3 – корпус спиральный; 4 – манжета; 5 – торцовое уплотнение; 6 – встроенный кабель (-ли); 7 – поплавковый выключатель; 8 – пробка масляной камеры; 9 – метизы крепления корпуса камеры и стакана подшипника к корпусу электродвигателя; 10 – метизы крепления колеса рабочего (с шайбой); 11, 12 – подшипник (-ки); 13 – датчик влажности; 14 – подставка-фильтр;15 – корпус камеры; 16 – метизы крепления корпуса камеры к корпусу спиральному; 17 – стакан подшипника; 18 – корпус электродвигателя; 19 – метизы крепления крышки камеры к корпусу камеры; 20 – крышка камеры

Электронасос серии «Иртыш» (рис. 18) типа ПД является моноблочным агрегатом, предназначен для перекачивания чистой воды (кроме морской) температурой от 0 до 50°С и водородным показателем pH 6,5…9,0, и других жидкостей, сходных с чистой водой по плотности, вязкости и химической активности. Перекачиваемые жидкости не должны содержать механических примесей по объему более 0,1% и размером более 2 мм.

Структурная схема условного обозначения насосов серии «Иртыш» типа ПД

1	2	3	4	-	5	/	6	.	7	-	8	-	9	-	10	11	/	12	13	14	-	15	16	17

1 – Серия насосов – Иртыш;
2 – Тип электродвигателя:
П – погружной электродвигатель без принудительного охлаждения;
Р – погружной электродвигатель с принудительным охлаждением;
Н – наружный электродвигатель («сухой»);
3 – Тип гидравлической части насоса:
Ф – для сточных масс;
Д – для слабозагрязнённой и чистой воды.
Ш – шламовый;
П – песковый;
Г – грунтовый;
О – осевой.
4 – Тип рабочего колеса:
1, 2 и т.д. – одно-, двух-, и т.д. канальное закрытое рабочее колесо;
С – вихревое рабочее колесо;
Без обозначения – многоканальное рабочее колесо (для дренажных насосов).
5 – Номинальный диаметр напорного патрубка;
6 – Номинальный диаметр рабочего колеса;
7 – Фактический диаметр рабочего колеса;
8 – Конструктивное исполнение:
К – рабочее колесо из нержавеющей стали;
Х – вся проточная часть из нержавеющей стали;
Т – специальное исполнение по требованию заказчика;
Ч – для совместной работы с частотным преобразователем;
Без обозначения – штатное исполнение.
9 – Длина кабеля по спец. заказу, м (на пример 20 м.) допуск на длину кабеля ±5%;
Без обозначения – штатная длина кабеля (10 м), допуск на длину кабеля ±5%.

10 – Тип питающей сети:

М – монофазный 1Ф 220 В;

А – 60 Гц;

0,2 – трехфазный 220 В;

0,66 – 660 В;

6 – 6000 В;

10 – 10000 В;

Без обозначения – трехфазный 380 В, 50 Гц.

11 – Номинальная мощность электродвигателя;

12 – Число полюсов электродвигателя;

13 – Исполнение электродвигателя:

РВ Ех – взрывозащищенного исполнения для рудничных условий

Ех – взрывозащищенного исполнения;

Без обозначения – базовый электродвигатель.

14 – Тип подключения электродвигателя:

380/660 220/380 – подключение «треугольник/звезда»;

Без обозначения – подключение «звезда».

15 – Вариант монтажа насоса:

0 – мобильный погружной;

1 – стационарный погружной (под опускное устройство);

2 – стационарный моноблочный горизонтальный;

3 – стационарный моноблочный вертикальный;

4 – стационарный на плите с муфтой горизонтальный;

5 – стационарный в трубе;

6 – стационарный на плите с ременной передачей.

16 – Исполнение шкафа управления:

0 – без шкафа управления;

1 – ручного управления;

2 – автомат с одним или двумя поплавковыми выключателями;

3 – автомат для двухнасосной станции;

4 – автомат с одним поплавковым выключателем климатического исполнения УХЛ1.

17 – Способ защиты двигателя:

0 – без защиты;

1 – термозащита;

2 – влагозащита;

6 – влаго-термозащита;

7 – влаго-термозащита, контроль температуры подшипников;

8 – влаго-термозащита, контроль вибрации подшипников;

9 – влаго-термозащита, контроль температуры подшипников, контроль вибрации.

К шнековым (винтовым) погружным насосам относятся:

Насосы погружные винтовые (рис. 19) однопоточные типа ЭВНОП, предназначенные для отбора нефтеносной пластовой жидкости при эксплуатации в составе скважинных установок.

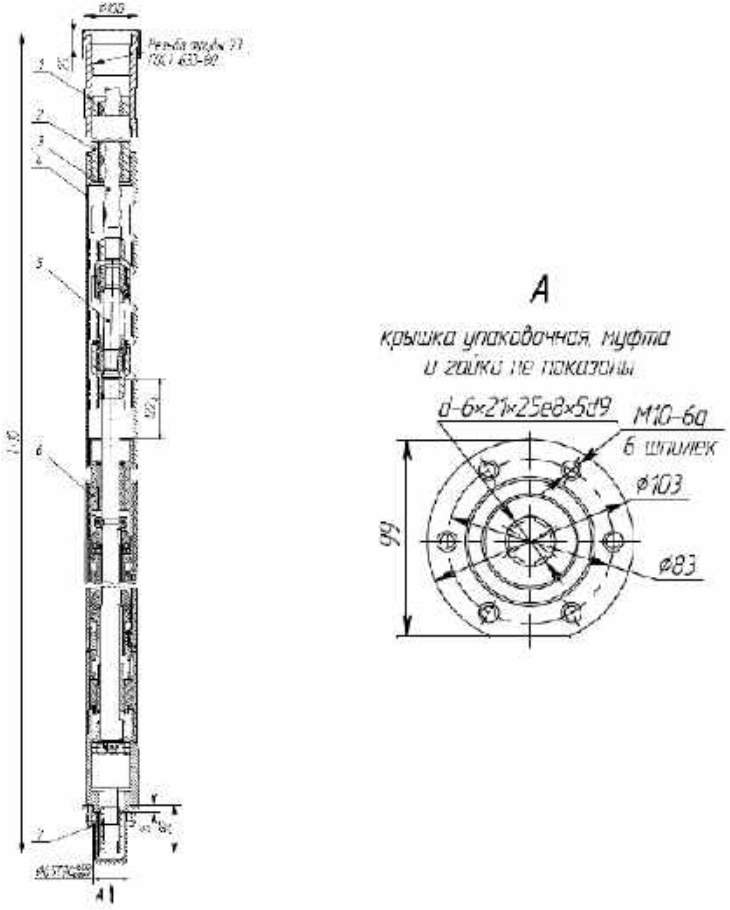


Рис. 19 Общий вид, габаритные и присоединительные размеры электронасоса ЭВНОП

1 – патрубок, 2–обойма, 3–винт, 4–корпус,
5–муфта эксцентриковая, 6–опора осевая насоса, 7–муфта

Структурная схема условного обозначения насосов типа ЭВНОП

ЭВНОП	ЭВНОП – обозначение насоса, где Э – привод от погружного электропривода (в дальнейшем привод); В – винтовой; Н – насос; О – одноточный; П – погружной;
-Х	Внутренний диаметр обсадной трубы в дюймах
-ХХХ	Номинальная подача, $м^3/ч$;
-ХХХХ	Номинальный напор на выходе из насоса в метрах водяного столба
-ХХ	Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69

Подготовка скважины и оборудования к монтажу

Перед монтажом насосной установки в скважину, производится подготовка её специализированными организациями. В процессе выполнения этих работ должно быть проведено: прокачка, откачка скважины, замер диаметров обсадной трубы и проверка скважины на прямолинейность.

Прокачка скважин производится с целью удаления механических примесей до полного осветления воды и может считаться законченной, если содержание механических примесей в откачиваемой воде станет менее 0,01% по весу.

Для прокачки скважины нельзя использовать погружной насос, предназначенный для работы в стационарной насосной установке. Прокачку скважины обычно производят эрлифтными установками, водоструйными насосами или специально для этой цели предназначенными насосами.

При проведении опытных откачек определяются дебит скважины, статический и динамический уровень воды, удельный дебит. Если вода скважины предназначена для хозяйственно-питьевых или технических целей, кроме перечисленного, отбираются пробы воды для химического и бактериологического анализов. В случае, когда после окончания бурения скважина длительное время не эксплуатировалась, перед монтажом насосной установки делают ревизию скважины. При этом проверяют глубину забоя, статический уровень воды и производят непродолжительную откачку с отбором проб воды для анализов.

Перед монтажом насосной установки необходимо проверить скважину. При проверке скважины измеряют ее глубину,

определяют статический уровень воды и измеряют начальные и конечные диаметры обсадных труб скважины. Необходимо также проверить соответствие технической характеристики насоса характеристике скважины и установить необходимую глубину погружения насоса. Если положение динамического уровня неизвестно, то его можно приближенно определить по известной подаче насоса и удельному дебиту скважины. Разделив подачу насоса на удельный дебит, получим величину понижения динамического уровня от статического. Насос должен быть опущен ниже динамического уровня на величину, предусмотренную инструкцией. До намеченной глубины погружения насоса скважину проверяют на прямолинейность специальным шаблоном с габаритами, несколько большими максимального диаметра и длины агрегата.

Перед монтажом должна быть проведена подготовка вспомогательного и стационарного оборудования.

Вспомогательным является оборудование, используемое для монтажа и демонтажа насосной установки. К нему относятся грузоподъемные средства, трубы, соединительные муфты, скобы крепления кабеля, наземная арматура, крышка скважины или опорное колено, задвижка, манометр, два монтажных хомута, а также приборы и инструменты, необходимые для проведения монтажных работ.

Грузоподъемное оборудование выбирается исходя из веса агрегата вместе с кабелем, колонной водопроводных труб, заполненных водой (для насосов с обратным клапаном), и опорным коленом. В качестве грузоподъемных средств предусматривается использование автомобильных кранов, монтажных треног или вышек с блоками, лебедками или талевыми системами соответствующей грузоподъемности. Грузоподъемные средства устанавливаются так, чтобы крюк находился над осью скважины. У скважины должно быть также оборудовано рабочее место в виде деревянного помоста или монтажного стола.

Погружные насосы обычно поставляются заводами собранными, с электродвигателями и полностью отрегулированными. Перед монтажом проверяют состояние агрегата и комплектующего оборудования. При этом проверяется легкость вращения ротора агрегата. В большинстве конструкций насосов для этого надо снять защитную сетку и специальным рычагом, входящим в комплект поставки, проворачивать ротор агрегата через втулку,

соединяющую вал насоса с валом двигателя. В соединительной втулке для проворачивания ротора рычагом предусматриваются отверстия или специальные пазы. Ротор агрегата должен проворачиваться плавно, без заеданий. Желательно, чтобы подшипники агрегата были предварительно смочены водой. В случае, если ротор агрегата не проворачивается или для проворачивания требуется большой момент, необходимо отсоединить насос от двигателя и отдельно проверить легкость вращения роторов насоса и двигателя. При этом необходимо проверить также осевой люфт ротора насоса. Устранив причину заедания, собирают насос с двигателем, следя при этом, чтобы осевой люфт ротора насоса не был полностью выбран.

Проверяют состояние изоляции обмотки электродвигателя, затем присоединяют токоподводящий кабель с выводным концом электродвигателя. Для этого зачищают изоляцию на концах токоподводящего кабеля на конус и лудят обнаженные концы стержней кабеля оловянисто-свинцовым припоем, используя в качестве флюса канифоль. Концы токоподводящего кабеля вставляют в медные гильзы, припаянные к выводным концам электродвигателя, и запаивают их тем же припоем. Место спайки зачищают от наплывов припоя и изолируют вполнахлеста полихлорвиниловой лентой, входящей в комплект поставки. Ленту накладывают с натяжением, добиваясь плотного прилегания слоев, пока диаметр изолируемого участка не станет равным диаметру кабеля. После этого изолируют той же лентой в три слоя кабель в месте соединения на длине, примерно вдвое превышающей длину соединения. Для проверки сопротивления изоляции мест спаек всех трех фаз кабель в месте соединения погружается в металлический сосуд с водой при температуре 20- 30°С на 1,5-2 часа. Сосуд с водой должен быть помещен на изоляционную прокладку и полностью изолирован от корпуса двигателя. Измерение сопротивления изоляции производится мегомметром, для чего одна его клемма подсоединяется к сосуду с водой, а другая к токоподводящей жиле кабеля. Сопротивление изоляции мест спаек должно быть не менее предусмотренного инструкцией (500 МОм).

Если окажется, что сопротивление изоляции места спайки ниже требуемого, необходимо изолировать снова.

Затем присоединяют насос к нижней трубе колонны водоподъемных труб или к специальному патрубку. Под муфтой или

фланцем трубы или патрубка крепят монтажный хомут. На монтажный хомут надевают стропы и поднимают агрегат до вертикального положения с помощью грузоподъемного устройства.

Датчик сухого хода, если он предусмотрен, крепится к водоподъемной трубе на расстоянии 1 м от насоса.

Электродвигатель, если предусмотрено инструкцией, заполняется чистой водой через существующее для этой цели отверстие с пробкой или фильтром. В зимнее время, при температуре ниже 0°С, допускается подогрев воды для заполнения двигателя, но не выше 50°С. Во избежание замерзания воды немедленно после заливки двигателя начинают спуск агрегата в скважину. Запрещается заливать двигатель горячей водой. После заливки двигателя завертывают пробку или фильтр, ставят защитную сетку и крепят кабель и провод датчика сухого хода скобами (поясами) к патрубку или трубе.

Все подготовительные работы и монтаж насосной установки должны производиться в соответствии с требованиями заводских инструкций.

Монтаж насосной установки

После окончания подготовительных работ приступают к монтажу установки. Монтаж насосных установок, как и подготовка скважин, должен производиться специализированными организациями.

Агрегат поднимают на такую высоту, чтобы можно было завести его в скважину, и медленно опускают до упора хомута в кромку обсадной трубы. При спуске агрегата необходимо следить за целостностью токоподводящего кабеля и не допускать его провисания при креплении к колонне водоподъемных труб. Кабель через каждые два метра крепится к трубам поясами или скобами. В местах крепления кабель следует обернуть резиновой или изоляционной лентой. Чрезмерная затяжка скоб не допускается.

Следующую трубу поднимают за монтажный хомут, который укреплен под ее муфтой или фланцем, до вертикального положения и осторожно опускают до соприкосновения с муфтой или фланцем предыдущей трубы. После соединения труб приподнимают собранную часть агрегата, снимают нижний монтажный хомут и продолжают спуск агрегата в скважину. При этом производят крепление кабеля к трубе через указанный интервал, не допуская провисания и повреждений кабеля. Колонна водоподъемных

труб наращивается до тех пор, пока насос не будет опущен на требуемую глубину. Верхний конец последней трубы присоединяется к опорному колену или плите, после этого агрегат с колонной труб приподнимают, снимают монтажный хомут и медленно опускают, пока опорное колено или плита не станет на кромку обсадной трубы. Токоподводящий кабель пропускается при этом через паз опорной плиты или колена.

После окончания работ, связанных с опусканием агрегата в скважину, производится монтаж наземного оборудования. Наземное оборудование включает в себя манометр, задвижку, сливной или магистральный трубопровод и станцию управления. Сливной или магистральный трубопровод с задвижкой присоединяется к опорному колену. Сливной трубопровод может быть заменен водоразборным баком в зависимости от местных условий. В водоразборном баке для автоматизации работы насосной установки монтируется датчик уровня. Манометр обычно устанавливается на трубе, ввернутой в отводной патрубок опорного колена.

Станция управления устанавливается в насосном помещении, а при его отсутствии в закрытом помещении в непосредственной близости от скважин. Станции управления могут работать при температуре от -35 до +5°С при относительной влажности воздуха не более 70%. Перед монтажом необходимо убедиться в исправности размещенной в станции управления аппаратуры, удалить консервирующую смазку и тщательно протереть контакты. Необходимо также проверить затяжку всех болтов и гаек как крепежных, так и контактных. Сопротивление изоляции станции проверяется мегомметром и должно быть не ниже установленного инструкцией. После этого станцию управления закрепляют в вертикальном положении в предусмотренном месте и заземляют ее корпус. Провода внешних соединений подводятся через отверстия в крышке станции и подсоединяются согласно принципиальной схеме. По окончании монтажа удаляют из шкафа станции все посторонние предметы, проверяют, нет ли повреждений и загрязнения деталей.

Закончив в указанной последовательности все работы, приступают к пробному пуску насосной установки.

Эксплуатация погружных насосов

Пробный пуск, как и любые пуски погружного насоса, может производиться только при помощи станции управления. Насосы,

двигатели которых заполняются водой скважины, включают не раньше, чем через 2 часа после погружения агрегата в воду (это время необходимо для заполнения полости электродвигателя водой).

Для пуска насосной станции на автоматический режим работы универсальный переключатель ставят в положение *А* «Автоматическое». Затем, нажав кнопку «Пуск», включают автоматический выключатель. Загорается сигнальная лампа, показывая наличие напряжения на станции управления.

Происходит пуск двигателя, и насос подает воду в башню. Уровень воды в башне регулируется датчиком уровня.

Для ручного управления переключатель ставят в положение *Р* «ручное» и управляют работой станции автоматическим выключателем.

Если при нажатии кнопки «пуск» двигатель не включается, необходимо проверить электрическую схему насосной установки, величину напряжения на всех фазах и повторно пустить насос. В случае, когда и при повторном пуске двигатель не включается, агрегат демонтируют для обнаружения и устранения неисправностей.

Задвижка на нагнетательном трубопроводе должна быть при пуске полностью закрыта. Через 1-2 мин. после пуска должна быть зафиксирована подача воды. Убедившись, что работа агрегата протекает нормально, постепенно открывают задвижку на напорном трубопроводе и устанавливают рабочий режим. Подача насоса в этом режиме не должна превышать дебита скважины. Если насос не дает подачу, то необходимо изменить направление вращения двигателя путем переключения фаз. Проверка направления вращения двигателя является одной из задач пробного пуска.

При выносе с откачиваемой водой песка останавливать насос до полного осветления воды не рекомендуется. При этом следует уменьшить подачу насоса, прикрывая задвижку.

Во время пробного пуска измеряют динамический уровень воды в скважине и проверяют, достаточный ли имеется подпор. Если подпор меньше требуемого инструкцией, то надо опустить агрегат ниже, наращивая колонну водоподъемных труб. После нескольких часов нормальной работы насос останавливают. Перед остановкой насоса закрывают задвижку, чтобы уменьшить скорость обратного течения воды в напорном трубопроводе. Это особенно важно, если насос не имеет обратного клапана. При отсутствии обратного клапана насос после выключения двигателя

вращается в обратную сторону, работая как турбина, под действием напора воды в колонне водоподъемных труб. Поэтому повторный пуск насоса нельзя производить раньше, чем через 3-5 мин, т. е. пока не сравняются уровни воды в колонне водоподъемных труб и в скважине.

После остановки насоса проверяют исправность наземного оборудования, и после этого насосную установку можно считать готовой к эксплуатации.

Условием экономичной эксплуатации насосной установки является работа насоса в оптимальном режиме, которому соответствует наибольший к.п.д. Необходимым условием также является, чтобы дебит скважины и положение динамического уровня обеспечивали работу насоса в заданных пределах подач и напоров рабочей зоны характеристики. Дебит скважины, динамический и статический уровни систематически контролируются. Насосы должны эксплуатироваться в скважинах с температурой воды не более 25°С и содержанием механических примесей до 0,01% по весу.

В процессе эксплуатации необходимо систематически проверять исправность электроприборов и станции управления. Потребляемый двигателем ток не должен превышать допустимого. Осмотр станции управления производят не реже раза в месяц. При этом проверяют состояние контактов пускателя и реле, а также затяжку болтов и гаек как крепежных, так и контактных. Одновременно удаляют металлическую пыль от износа контактов, так как ее скопление может понизить сопротивление изоляции пускателя. Не рекомендуется смазывать контакты и подвижные части.

Обгоревшие контакты протирают чистой тряпкой, смоченной в спирте, до появления металлического блеска. Наплавленные капельки на контактах можно предварительно снять «бархатным» напильником.

Демонтаж и профилактические осмотры производятся в сроки, устанавливаемые инструкциями. Насос необходимо остановить и демонтировать для осмотра в любом из следующих случаев: прекратилась подача воды; потребляемый двигателем ток превышает допустимый; подача на 25% меньше номинальной.

Перечень основных неполадок, наиболее часто встречающихся при эксплуатации погружных насосов, и способы их устранения приведены в табл. 14

Таблица 14

Основные неисправности и способы их устранения

Наименование неисправности	Вероятная причина	Способ устранения
1	2	3
1. Агрегат не работает	а) Перегорели предохранители в станции управления	Заменить предохранители. Если новые предохранители опять перегорают, следует проверить электросеть и провод
	б) Сработало реле аварийного тока или напряжения	Снова включить реле
	в) Отсутствует подача электропитания	Связаться с соответствующей электроснабжающей организацией
	г) Повреждён пускатель	Отремонтировать или заменить пускатель
	д) Повреждён агрегат или токоподводящий провод	Отремонтировать или заменить агрегат или провод
	е) Повреждение или обрыв в цепи управления	Проверить электрическую цепь
	ж) Агрегат отключен при срабатывании системы защиты от пуска всухую	Проверить уровень воды. Если уровень воды в норме, проверить систему защиты агрегата от пуска всухую
2. Агрегат работает, но подачи воды нет	а) Закрыта задвижка	Открыть задвижку
	б) Отсутствие воды в колодце или скважине или слишком низкий её уровень	Увеличить глубину погружения агрегата, выполнить дросселирование в напорной магистрали или заменить агрегат другим, меньшего типоразмера, у которого более низкая подача
	в) Залипание обратного клапана в закрытом положении	Извлечь агрегат на поверхность. Промыть или заменить клапан
	г) Забита сетка на всасывающей части агрегата	Извлечь агрегат на поверхность и очистить сетку на всасывающей части
	д) Повреждён агрегат	Отремонтировать или заменить агрегат

Окончание табл. 14

1	2	3
3. Агрегат работает с пониженной производительностью	а) Уровень воды понижен больше, чем предполагалось	Увеличить глубину погружения агрегата, выполнить дросселирование в напорной магистрали или заменить агрегат другим, меньшего типоразмера, у которого более низкая подача
	б) Частично забиты или закрыты клапаны в напорном трубопроводе	Отремонтировать клапаны и, если требуется, промыть или заменить новыми
	в) Частично забит грязью (глиной) напорный трубопровод	Прочистить или заменить напорный трубопровод
	г) Частично забит обратный клапан агрегата	Извлечь агрегат на поверхность, промыть или заменить клапан
	д) Частично забиты грязью (частицами глины) колонна и агрегат	Извлечь агрегат на поверхность, демонтировать и промыть, если требуется, заменить. Промыть колонну.
	е) Повреждён агрегат	Отремонтировать или заменить агрегат
	ж) Разгерметизирован трубопровод	Проверить и отремонтировать трубопровод

Демонтаж и ремонт погружных насосов

Погружные насосы в процессе эксплуатации подвергаются естественному износу. Поэтому с целью предупреждения преждевременного выхода агрегата из строя периодически проводят его демонтаж, профилактический осмотр и замену изношенных деталей. Периодичность проведения профилактических осмотров устанавливается заводами-изготовителями.

Для демонтажа агрегата над скважиной устанавливают грузоподъемное устройство. Рядом со скважиной подготавливают деревянный настил для размещения бухт токоподводящего кабеля и агрегата. В случаях, когда эксплуатация насосной установки не может быть прекращена на длительное время, необходимо иметь на рабочем месте подготовленный к монтажу запасной насос на замену демонтируемого. Перед подъемом агрегата из скважины необходимо отключить электроэнергию и отсоединить токоподводящий кабель от станции управления. Необходимо также отсоединить

колено колонны водоподъемных труб от магистрального трубопровода. После этого поднимают агрегат с колонной водоподъемных труб на такую высоту, чтобы можно было закрепить монтажный хомут под муфтой или фланцем второй трубы. Затем агрегат с колонной опускают, пока монтажный хомут не упрется в кромку обсадной трубы, и продевают стропы в проушины монтажного хомута для второго подъема. С первой трубы снимают пояса или скобы крепления кабеля и сматывают его на барабан или в бухты, укладывая последние на деревянный настил. При сматывании кабеля нельзя допускать резких его изгибов и повреждения изоляции. Затем отвертывают трубу и укладывают ее на заранее подготовленные подмостки.

Второй и последующие подъемы агрегата осуществляются в той же последовательности. Последний захват монтажным хомутом делают с таким расчетом, чтобы при подъеме весь агрегат вышел из скважины.

Агрегат необходимо отсоединить от трубы, слить воду из электродвигателя и уложить на чистый настил или монтажный стол. Не отсоединяя кабеля от электродвигателя, проверяют сопротивление изоляции.

В случае ремонта разборку агрегата необходимо производить в последовательности, установленной инструкцией. При разборке насоса рекомендуется разметить все детали, чтобы сохранить прежнее их положение при последующей сборке. В процессе разборки все детали насоса и электродвигателя тщательно очищают от песка, грязи, ржавчины и различных налетов. После этого производят контроль размеров сопрягаемых деталей и определяют степень их износа. Детали агрегата, имеющие износ выше допустимого, заменяют новыми. Особое внимание уделяют проверке состояния подшипников насоса и электродвигателя, защитных и распорных втулок, пяты и подпятников насоса и двигателя, а также проверяют зазоры в уплотнениях рабочих колес. Соприкасающиеся поверхности этих деталей не должны иметь глубоких рисок и задиров.

Следует обратить внимание на состояние шпонок и в случае их износа заменить новыми. Перед сборкой необходимо произвести контрольную балансировку рабочих колес и ротора насоса в сборе. При сборке насоса и двигателя требуется соблюдать последовательность, предусмотренную инструкцией, и руководствоваться ее указаниями по регулировке. Если в процессе ремонта

насоса производилась доработка и замена большого количества износившихся деталей или перемотка статорной обмотки электродвигателя, то в этом случае необходимо провести контрольные испытания на специальном стенде. Отремонтированный погружной насос не должен уступать новому по надежности и техническим параметрам.

Консервация агрегата производится, если после ремонта или демонтажа предусмотрена сдача насоса на хранение. В этом случае агрегат разбирают, насухо протирают все его части, проводят консервацию и хранят в собранном виде в закрытом помещении на расстоянии не менее одного метра от отопительных приборов. Консервация заключается в смазке подпятника и пяты консистентной нейтральной смазкой (солидолом). Подпятник с резиновыми сегментами, а также резиновые подшипники и защитные втулки из нержавеющей стали не смазывают. Обработанные металлические части двигателя и насоса покрывают тонким слоем бакелита.

При сроке хранения свыше одного месяца насос следует хранить залитым чистой водой. Электродвигатель при этом должен быть полностью погружен в воду. Если агрегат хранится свыше шести месяцев, то необходимо его разобрать, произвести осмотр и повторную консервацию.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях применяются погружные насосы?
2. Как осуществляется процесс забора и подачи воды потребителю?
3. Основные требования по подготовке скважины и насоса к монтажу.
4. Объясните, почему после остановки насоса необходимо выждать некоторое время, а затем включить его снова в работу?
5. Как обеспечивается отвод тепла от электродвигателя и смазка подшипников?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11
ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ НАСОСНОЙ УСТАНОВКИ

Цель: освоить правила эксплуатации центробежного насоса и выяснить функциональные зависимости его напора H, мощности P и кпд η от расхода Q при постоянной частоте вращения рабочего колеса путем построения характеристик насоса, сравнить полученные результаты с паспортными данными насоса, взятыми из каталога, и определить их расхождение.

Оборудование и инструмент: лабораторная установка, ваттметр (или прибор К-50), секундомер, тахометр.

Полный напор насоса определяется по формуле:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + Z + \frac{\vartheta_н^2 - \vartheta_{вс}^2}{2g}, \qquad (11.1)$$

где H – полный напор насоса, м;

$H_{ман}$ – показание манометра, м;

$H_{вак}$ – показание вакуумметра, м;

Z – расстояние по вертикали от центра манометра до точки присоединения вакуумметра к патрубку насоса, м;

$\vartheta_н$, $\vartheta_{вс}$ – скорость в напорном и всасывающем трубопроводах, м/с.

Потребляемую электродвигателем мощность $P_{дв}$ можно измерить ваттметром или с помощью прибора К-50.

Мощность на валу насоса при КПД электродвигателя $\eta_{дв}$= 0,98 и к.п.д. передачи $\eta_{пер}$ = 0,95 составит:

$$P = P_{дв} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер}. \qquad (11.2)$$

Для построения характеристики насоса необходимо 5…7 раз изменять степень закрытия задвижки и при каждом новом её положении нужно снимать и записывать показания приборов.

Характеристики насосов строятся при постоянной частоте вращения вала насоса. Значения H, P и η, подсчитанные по показаниям приборов, приходится определять при различной частоте вращения вала электродвигателя. Это происходит потому, что короткозамкнутый электродвигатель с увеличением нагрузки меняет частоту вращения. Для построения характеристики насоса при постоянной частоте вращения значения Q, H и P необходимо пересчитать по формулам подобия:

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{n}{n_1}; \frac{H}{H_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^2; \frac{P}{P_1} = \left(\frac{n}{n_1}\right)^3, \qquad (11.3)$$

где Q_1, H_1, P_1 – приведенные значения подачи, напора и мощности насоса.

Полезная мощность насоса определяется по формуле:

$$P_n = \rho g Q H, \tag{11.4}$$

где P_n – полезная мощность насоса, Вт;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

g – ускорение силы тяжести, м/с²;

Q – подача насоса, м³/с;

H – полный напор насоса, м.

Коэффициент полезного действия насоса

$$\eta = \frac{P_n}{P_1}, \tag{11.5}$$

По полученным опытным данным строятся графики, на которых по оси абсцисс откладывают подачу насоса Q, а по оси ординат напор H, мощность на привод насоса P и его КПД η.

Порядок выполнения работы

Ознакомиться с установкой. Перед испытанием насоса провести следующие подготовительные работы: освоить методику определения подачи насоса с помощью водомера, приобрести навыки снятия отсчетов показания манометра и вакуумметра, освоить способ регулирования подачи насоса вентилем.

Подготовить насос к пуску, а именно:

а) выключить манометр *7* (рис.20) и вакуумметр *8* при помощи трехходового крана;

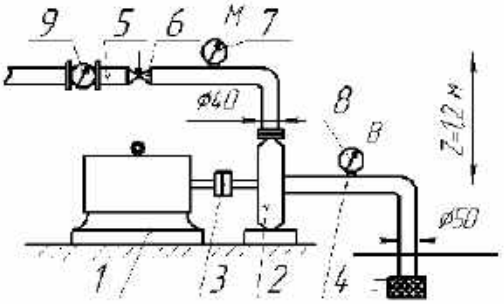


Рис. 20. Схема установки для исследования центробежного насоса:
1 – электродвигатель; 2 – насос К–20/30; 3 – муфта; 4 – всасывающая труба; 5 – напорная труба; 6 – вентиль; 7 – манометр; 8 – вакуумметр; 9 – водомер

б) залить насос водой. Для этого необходимо открыть вентиль *6* на напорном трубопроводе 5 и воздушный кран. Заливку производить до тех пор, пока из воздушного крана вода не начнет выходить без пузырьков воздуха. Закрыть воздушный кран;

в) закрыть вентиль *6* на напорном трубопроводе;

г) включить электродвигатель 1;

д) включить вакуумметр и манометр.

Обычно пуск центробежного насоса производится при закрытом вентиле (задвижке), так как при этом будет минимальное потребление мощности, а, следовательно, и минимальный ток, что очень важно для пусковой электроаппаратуры.

Для построения кривых $H=f_1(Q)$, $P=f_2(Q)$, и $\eta=f_3(Q)$ при $n=const$ необходимо получить для каждой кривой 5...6 опорных точек. Чтобы равномерно распределить точки по длине кривых следует установить предельные значения показаний манометра *7* при минимальной подаче насоса, то есть при закрытом вентиле ($Q=0$) и при максимальной подаче ($Q=Q_{max}$),то есть при полностью открытом вентиле *6*.

Полученную разницу разделить на 5...6 равных частей.

Первые показания приборов записываются во время работы насоса при закрытом вентиле. Второй отсчет приборов записывается при таком открытии вентиля *6*, когда показания манометра 7 уменьшается на 1/5...1/6 часть по сравнению с показаниями при закрытом вентиле и т.д. Последний отсчет берется при полностью открытом вентиле. Отсчеты по всем приборам в каждом опыте берутся одновременно по сигналу.

Количество воды, протекшей за время опыта через водомер *9* удобнее всего принять равным 100 л. Тогда расход воды и скорость её движения в трубе определяется по формулам:

$$Q=\frac{V}{t}, \tag{11.6}$$

$$\vartheta=\frac{Q}{S}, \tag{11.7}$$

где Q – расход воды, л/с;

V – протекший за время опыта объем воды, л;

t – продолжительность опыта, с;

ϑ – скорость воды в трубе, м/с;

S – площадь поперечного сечения трубы, м^2.

Полный напор насоса H (м) определить по формуле (11.1), мощность на валу насоса P – по формуле (11.2), полезную мощность насоса P_n и его КПД – соответственно по формулам (11.4) и (11.5).

После окончания опытов выключить манометр и вакуумметр, закрыть вентиль и отключить электродвигатель.

Таблица 15

Результаты измерения и обработка опытных данных

Показатели	Опыты					
	1	2	3	4	5	6
Протекший объем воды V, л						
Время протекания, t, с						
Расход Q, л/с						
Показание манометра $H_{изб}$, м						
Показание вакуумметра $H_{вак}$, м						
Расстояние Z, м						
Площадь сечения напорной трубы $S_н$, м^2						
Скорость в напорной трубе $\vartheta_н$, м/с						
Площадь сечения всасываю щей трубы, $S_{вс}$, м^2						
Скорость во всасывающей трубе $\vartheta_{вс}$, м/с						
Разность скоростных напоров $\frac{\vartheta_н^2 - \vartheta_{вс}^2}{2g}$, м						
Полный напор насоса H, м						
Мощность двигателя $P_{дв}$, кВт						
Мощность на валу насоса P, кВт						
Частота вращения двигателя n, мин$^{-1}$						
Полезная мощность насоса P_n, кВт						
К.П.Д. насоса η						

Все опытные кривые строятся совмещенно на одном графике с одинаковым масштабом расхода Q, который откладывается по оси абсцисс. А по оси ординат откладываются H (м), P (кВт) и η(%) с разными, наиболее удобными для использования масштабами.

По построенным графикам определяются оптимальные значения Q, H и P, соответствующие максимальному значению КПД насоса.

Контрольные вопросы

1. Какими параметрами характеризуется работа центробежного насоса?
2. Как определяется полный напор насоса по показаниям приборов?
3. При помощи чего и как определяется подача насоса?
4. Что нужно сделать для подготовки насоса к пуску в работу?

5. Как определяется полезная мощность насоса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12
ВОДОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА

Цель: изучить конструкцию, приобрести навыки сборки и разборки задвижек, вентилей поилок, и другой арматуры, определения и устранения неисправностей.

Оборудование и инструмент: набор задвижек, водораздаточные колонки, автопоилок, комплект слесарного инструмента.

Наружные и внутренние водопроводные сети оборудуют различного рода приборами и устройствами, позволяющими регулировать работу водопровода, разбирать из него воду для тех или иных целей и предохранять его от аварий. Эти приборы и устройства носят название – ***водопроводная арматура***.

По назначению арматура подразделяется на 3 типа:

- регулировочную – задвижки, вентили, регуляторы давления и обратные клапаны;
- предохранительную – предохранительные и приемные клапаны, вантузы;
- водораздаточную – водозаборные и поливочные краны, водоразборные колонки, автопоилки и гидранты.

К основным параметрам трубопроводной арматуры относят диаметр условного прохода D_y и условное давление рабочей среды P_y.

Диаметром условного прохода D_y называют номинальный внутренний диаметр трубопровода, на котором устанавливают арматуру. Значение D_y установлено ГОСТом. Диаметр D_y, как правило, не совпадает с фактическим параметром трубопровода.

Условным давлением P_y является наибольшее избыточное рабочее давление при температуре рабочей среды в 20°С.

В каталогах трубопроводной арматуры, кроме основных параметров, обычно указаны её рабочее и пробные давления. Рабочим называют наибольшее избыточное давление, при котором арматура работает длительное время при рабочей температуре жидкой среды, а пробным – избыточное давление, при котором арматуру и соединительные части трубопроводов подвергают гидравлическим испытаниям на прочность и плотность.

Трубопроводную арматуру изготовляют для следующих условных давлений: P_y = 0,1; 0,25; 0,4; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,4;

10,0; 16,0 МПа.

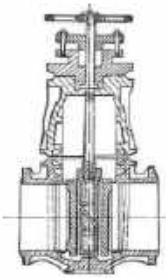
Задвижки служат для изменения расхода воды, для выключения отдельных участков водопроводной сети на время ремонта.

По конструкции рабочего органа задвижки подразделяются на параллельные и клиновые.

Запорная часть параллельных задвижек (рис. 21) состоит из двух дисков и помещенных между ними скошенных клиньев. При закрытии (опускании дисков) клинья раздвигаются и плотно прижимают диски к уплотнительным кольцам, закрывая, таким образом, полностью или частично проход для воды. В клиновых задвижках проход закрывается одним клинообразным круглым диском между уплотняющими кольцами, расположенными в отличие от параллельных задвижек наклонно.



а)



б)

Рис. 21. Задвижки:
а) параллельная с ручным приводом;
б) с неподвижным шпинделем (типа «Москва»)

Задвижки изготавливают с внутренним диаметром от 50 до 1600 мм как с ручным приводом, так и с электро- и гидроприводами.

Вентили имеют то же назначение, что и задвижки (рис. 22). Их изготовляют с резьбовыми и фланцевыми соединениями на нормальное давление до 1 МПа и повышенное давление до 1,6 МПа. Резьбовые вентили изготовляют с внутренним диаметром от 15 до 80 мм, а фланцевые – от 25 до 200 мм.

Вентили обычно устанавливают на внутренних водопроводных сетях (на вводных стояках, на ответвлениях, на подводах к приборам). При монтаже вентилей необходимо учитывать направление движения воды, которая должна поступать через канал, расположенный под запорным золотником, и выходить через канал

над золотником.

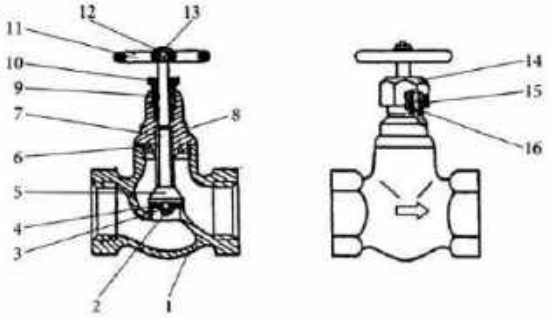


Рис. 22. Устройство вентиля:
1 - тело вентиля; 2 – гайка; 3 – шайба; 4 – прокладка; 5 – клапан;
6 – уплотнение; 7 – шток; 8 – спецвтулка; 9, 16 – сальник; 10, 15 втулка сальника;
11 – маховик; 12 – шайба; 13 – винт;14 – накидная шайба

Водоразборные краны устанавливается у раковины, умывальника, ванны или другого санитарногоприбора. В зависимости от места установки и назначения различают: обычные водоразборные краны, туалетные и краны-смесители. Водоразборные краны для умывальников и ванн изготавливают из цветных металлов с хромированной поверхностью, а для моек и раковин – из цветных металлов или ковкого чугуна. Соединяют их с трубопроводом на резьбе.

Водоразборные краны подразделяют на:

- пробковые водоразборные краны;
- шаровые;
- вентильные;
- водоразборные краны с керамической головкой вентиля.

Шаровые краны – самый популярный вариант запорной водоразборной арматуры. Это одна из старых разработок, которая за последние годы заметно эволюционировала благодаря использованию современных материалов для клапанного седла. Сегодня в его конструкции применяют каучук (синтетический) и фторопласт. Это позволяет добиться высокой герметичности перекрытия потока при минимальных усилиях, прикладываемых на рычаг.

В пробковых моделях роль шара исполняет пробка с отверстием. По форме она может быть конической или цилиндрической. Такой вариант арматуры использовали еще в старых самоварах. Хотя те первоначальные изделия за последние годы существенно

прибавили в надежности.

Пробковые конструкции применяют, когда нужно обеспечить быструю подачу и перекрытие потока для урегулирования аварийной ситуации. Их плюсом является универсальность – такой кран подходит для любых водопроводов. Материал исполнения может отличаться (латунь, чугун, бронза).

Вентильные краны предназначены для перекрытия и регулирования потока жидкости. В отличие от шарового крана, предназначенного только для перекрытия потока, с помощью вентильного крана можно регулировать напор.

Водоразборные краны изготавливают с диаметром условного прохода 15, 20 и 25 мм.

Фланцевый регулятор давления (РД) вентильного типа предназначен для поддержания заданного давления «после себя» на трубопроводах и перед дождевальными машинами.

РД (рис. 23) устанавливают на горизонтальном трубопроводе с помощью фланцев.

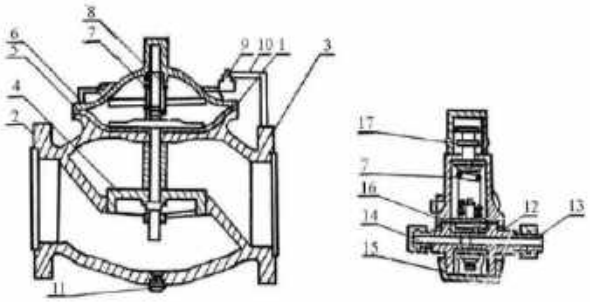


Рис. 23. Фланцевый регулятор давления РД вентильного типа:
1 – корпус; 2, 3 – входной и выходной патрубки регулятора; 4 – запорный орган; 5 – мембрана; 6 – крышка управляющей камеры; 7 – пружина; 8 – шток; 9 – клапан-пилот; 10 – соединительная трубка; 11 – сливная пробка; 12 – корпус клапана-пилота; 13, 14 – входной и выходной патрубки клапана-пилота; 15 – регулирующий клапан; 16 – мембрана клапана-пилота; 17 – регулировочный болт

При подаче давления в трубопровод вода поступает во входной патрубок *2* регулятора, поднимает запорный орган *4* и через выходной патрубок *3* регулятора выходит в регулируемый трубопровод и одновременно по соединительной трубке в управляющую камеру, а затем через клапан-пилот *9* в выходной патрубок

регулятора.

Под действием давления за регулятором мембрана, преодолевая сопротивление пружины *7*, перемещает регулирующий клапан *15* и перекрывает выходной патрубок *14* клапана-пилота. Поступающая в рабочую камеру вода, воздействуя на мембрану *5* регулятора, перемещает запорный орган до тех пор, пока давление за регулятором не станет равно рабочему. При восстановлении давления пружина клапана-пилота, воздействуя на мембрану и соединенный с ней регулирующий клапан, открывает выходной патрубок *14* клапана-пилота, и вода из рабочей камеры поступает в выходной патрубок регулятора, запорный орган *4* перемещается в положение «открыто». При изменении давления цикл работы повторяется.

Диапазон регулирования 0,4 - 1,2 МПа. Минимальное давление, при котором работает регулятор, – 0,4 МПа.

Обратные клапаны (рис. 24) регулируют движение воды по направлению. Клапан действует следующим образом: при движении вода создает давление на клапан, поднимает его и проходит в трубопровод; при движении воды в обратном направлении клапан закрывает проход.

Обратные клапаны изготавливают двух типов: с клапаном подъемного типа и клапаном поворотного типа, выполненным в виде хлопушки. Поворотные клапаны устанавливают только на горизонтальных участках трубопроводов.



а)



б)

Рис. 24. Обратный клапан
а – шаровой; б – поворотного типа

Предохранительные клапаны предназначены для защиты трубопроводов и оборудования от разрушения при повышении давления. Устройство состоит из корпуса (рис. 25), в котором помещен запорный клапан, плотно прижатый к своему седлу штоком, шарнирно соединенным с рычагом, на другом конце которого имеется

несколько грузовых шайб для регулирования момента срабатывания.

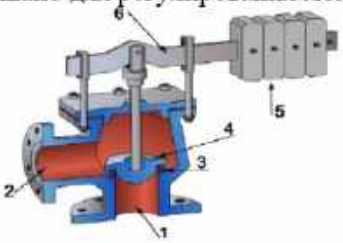


Рис. 25. Предохранительный клапан рычажного типа:
1 – впускное отверстие; 2 – выпускное отверстие; 3 – седло клапана;
4 – золотник; 5 – груз; 6 – рычаг

При повышении давления выше допустимого клапан поднимается, преодолевая сопротивление рычага с грузом, и сообщает полость трубы (котла) с атмосферой, вследствие чего давление в трубопроводе быстро падает.

Приемные клапаны представляют собой разновидность обратных клапанов. Приемный клапан служит для удержания воды во всасывающей трубе и корпусе насоса, обеспечивая пуск насоса в работу. Перед клапаном устанавливают фильтрующую сетку, предупреждающую попадание в насос загрязнений. Приемные клапаны изготовляют с условным проходом от 25 до 200 мм.

Вантузы подразделяются на шаровые, рычажные и мембранные. Применяются для автоматического выпуска воздуха или впуска его в трубопровод. В водопровод воздух попадает путем засасывания насосом и непосредственного выделения из воды. Воздушные скопления образуют воздушные пробки, которые увеличивают сопротивление движению воды или вообще прерывают ее движение. В местах скопления воздуха и устанавливают вантузы.

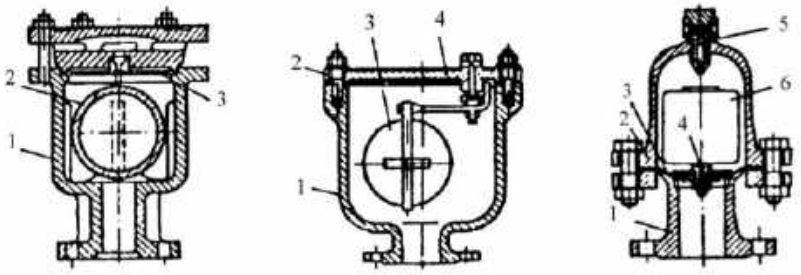
При быстром опорожнении труб большого диаметра в них образуется вакуум, вследствие чего возникает опасность сплющивания стенок труб под действием атмосферного давления. Поэтому на таких трубопроводах наряду с вантузами для выпуска воздуха устанавливают вантузы для впуска воздуха в трубопровод. Для замены вантуза без выключения трубопровода между ним и вантузом на соединительном патрубке устанавливают задвижку.

В шаровых вантузах (рис. 26, а) при отсутствии воздуха в трубопроводе вода поднимает и прижимает шар *2* к отверстию втулки *3*. При скоплении воздуха в верхней части вантуза шар опускается вместе с водой, отверстие открывается и воздух выхо-

дит наружу.

В рычажных вантузах (рис. 26, б) по мере накопления воздуха в трубопроводе уровень воды в корпусе *1* понижается, и шар-поплавок *3* под действием своего веса опускается вниз, поворачивая рычаг относительно оси, закреплённой на крышке *2*. Тарель *4* открывает отверстие для выпуска воздуха. Когда весь воздух выйдет из трубопровода, шар-поплавок *3* всплывает и тарель закрывает выпускное отверстие.

Мембранные вантузы (рис. 26, в) предназначены для удаления воздуха из трубопровода в эксплуатационном режиме работы систем водоподачи, но и для впуска его при образовании в трубопроводе вакуума. При заполнении трубопровода водой вытесняемый воздух приподнимает мембрану *3* и через образовавшееся отверстие выходит в атмосферу, а в подводящий патрубок *1* и одновременно в рабочую камеру вантуза поступает вода. Поплавок *6* всплывает и перекрывает дроссельное отверстие *5*. Давление в рабочее камере становится равным давлению в подводящем патрубке, а т.к. площадь мембраны со стороны рабочей камеры больше, то мембрана опускается и вантуз закрывается. При нормальной эксплуатации системы водоподачи воздух постепенно поступает через дроссельное отверстие *5* в рабочую камеру, уровень воды в ней понижается, поплавок *6* опускается и отверстие *5* открывается. При образовании в трубопроводе вакуума клапан закроется и в рабочей камере создаётся вакуум. Мембрана *3* под действием атмосферного давления поднимается и воздух входит в трубопровод.



а) б) в)

Рис. 26. Вантузы:
а) шаровой: 1 – корпус; 2 – шар; 3 – отверстие втулки;
б) рычажный; 1 – корпус; 2 – крышка; 3 – шар-поплавок; 4 – тарель;
в) мембранный; 1 – подводящий патрубок; 2 – крышка; 3 – мембрана;

4 – клапан; 5 – дроссельное отверстие; 6 – поплавок

Пожарные гидранты используют для тушения пожара при подаче воды из сети. По конструкции они делятся на подземные и надземные (рис.27).

Надземный пожарный гидрант. Данный тип пожарных гидрантов широко используется в странах Евросоюза, США и Канады. Принцип установки следующий – пожарный гидрант установлен на городскую сеть водоснабжения и верхней своей частью находится над землей. Также имеет устройство для присоединения пожарного рукава и непосредственного забора воды без установки дополнительной пожарной колонки. Надземные пожарные гидранты бывают заполненные водой или с отсечением водяного столба в основании гидранта, для не замерзания воды в зимнее время.



а)



б)

Рис. 27 Пожарный гидрант:
а – надземный; б – подземный

Подземный пожарный гидрант состоит из двух частей: подземной колонки и переносной – стендера. Подземная колонка закрепляется в колодце на пожарной подставке.

Подземный способ установки был использован в связи с несколькими факторами, но ключевым был – не замерзание воды в гидранте под землёй. Подземный пожарный гидрант устанавливаются в специальных колодцах и соединяются с городской сетью водоснабжения. Сверху колодец накрывается люком. Чтобы установить пожарную машину на данный гидрант, необходимо открыть люк, установить специальную пожарную колонку на гидрант и подключить к пожарному автомобилю или непосредственно от колонки через рукава подавать воду на тушение.

Наибольшее распространение в нашей стране получили подземные гидранты московского типа ПГ-5 конструкции инженера

Н.П. Зимина.

В настоящее время промышленность выпускает гидрант пожарный подземный П32.0000 (рис. 28) который предназначен для отбора воды на пожарные нужды с помощью пожарной колонки

По своей конструкции и назначению гидрант представляет собой водоразборный пожарный кран, особенностью которого является предотвращение возникновения гидравлического удара при закрывании гидранта ключом пожарной колонки.

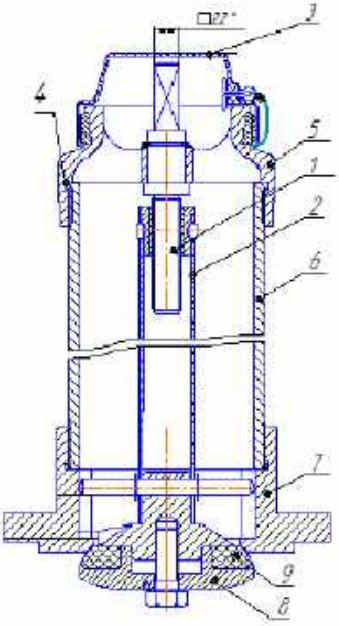


Рис. 28. Пожарный гидрант:
1 – шпиндель; 2 – труба клапана; 3 – крышка в сборе; 4 – кольцо; 5 – ниппель; 6 – корпус; 7 – патрубок; 8 – крышка клапана; 9 – кольцо уплотнительной

Гидрант состоит из следующих составных частей: корпуса *6*, патрубка *7*, трубы клапана *2*, крышки клапана *8*, ниппеля *5* с резьбой для навинчивания пожарной колонки и шпинделя *1*, сливного устройства для сброса воды из корпуса *6* гидранта после его закрывания. Во избежание повреждения резьбы и попадания в гидрант посторонних предметов ниппель *5* закрыт крышкой в сборе *3*.

При работе крышку *3* откидывают.

На резьбу ниппеля *5* навинчивают пожарную колонку до плотного прижатия прокладки. Поворотом рукоятки пожарной колонки против часовой стрелки вращают шпиндель *1* с трубой и клапаном *2*. Вращаясь, шпиндель *1* открывает клапан *2*, и вода через образовавшийся проход поступает в корпус 6 гидранта и затем в пожарную колонку.

По окончании отбора воды гидрант закрывают в обратной последовательности.

Оставшаяся в корпусе *6* вода сливается через сливное устройство, расположенное во фланце патрубка.

Гидрант трубопровода РТА-220 применяют для подключения дождевальной установки ДКШ-64 «Волжанка».

Гидрант трубопровода с дождевальной установкой соединяют колонкой, входящей в комплект присоединительного узла ДКШ-64 и переносимой вместе с дождевальной установкой при смене позиций. При соединении гидранта и колонки насосную станцию не выключают и трубопровод не опорожняют.

Автопоилка представляет собой специальное автоматически действующее устройство, при помощи которого животные и птицы самостоятельно, без участия человека, получают из водопровода необходимую для поения воду в любое время суток и в нужном количестве.

Автопоилки для крупного рогатого скота

Автоматические поилки (автопоилки) для КРС бывают индивидуальными и групповыми, стационарными и передвижными.

Индивидуальные поилки применяют в основном на молочных фермах и комплексах с привязным содержанием животных.

Групповые поилки при беспривязной системе содержания скота, в летних лагерях и на пастбищах. В зимнее время года на открытых площадках для поения животных применяют поилки с подогревом воды.

Индивидуальные автопоилки подключают к внутренней водопроводной сети коровника. В этом случае от сети, расположенной над кормушками, отходят трубы-стояки, которые заканчиваются автопоилками (из расчета одна поилка на две коровы).

Если на ферме водопровода нет, поилки подключают к специальным емкостям, в которые вода доставляется специальными автовозами или водораздатчиками. На пастбищах или в летних лагерях, удаленных от водоисточников, животных поят из передвиж-

ных поилок.

Поилка автоматическая ПА-1А состоит из поильной чаши *1* (рис. 29), педали *2*, клапана *7* с пружиной *4* и прокладки *3*. Клапанный механизм находится в клапанной коробке *6*. Педаль поилки соединена с коробкой шарнирно. Вода подводится к внутренней полости корпуса клапана *6* и через решетку подходит к резиновой прокладке *3*, служащей седлом клапана *7*. При нажатии животным на педаль *2* пружина *4* сжимается, клапан отходит от седла и вода через образовавшуюся щель подается к чаше *1* поилки. Когда животное напьется и отпустит педаль, то под действием пружины клапан плотно прижимается к седлу и вода не поступает в чашу.

Поилку устанавливают на стояке между двумя стойлами на высоте 0,5 м от пола. С магистральным трубопроводом водопроводной сети поилку соединяют стальной трубой диаметром 20 мм с помощью седелки. Для этого на трубопроводе в местах присоединения просверливают отверстие диаметром 10 - 12 мм. Стык между седелкой и трубопроводом уплотняют резиновой прокладкой. Стояк присоединяют к седелке и корпусу поилки на резьбе.

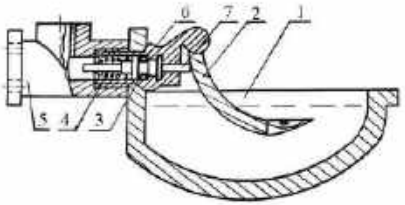


Рис. 29 Автопоилка для КРС ПА-1А:
1 – чаша; 2 – педаль; 3 – резиновая прокладка; 4 – пружина;
5 – корпус; 6 – корпус клапана; 7 – клапан

После монтажа автопоилку проверяют на скорость заполнения водой и герметичность запорного клапана. При нажатии на педаль автопоилки клапан должен полностью открыться, а чаша поилки заполниться водой в течение 15 - 20 с. Поилка изготовлена из чугуна.

Автопоилка индивидуальная АП-1 (рис. 30) относится к типу клапанных поилок. Она отличается от ПА-1 вертикальным расположением клапана, вместо стальной пружины установлен рези-

новый амортизатор. Поилка изготовлена из пластмассы.

Автопоилка индивидуальная ПА-1Б отличается от рассмотренных тем, что чаша изготовлена из алюминия.

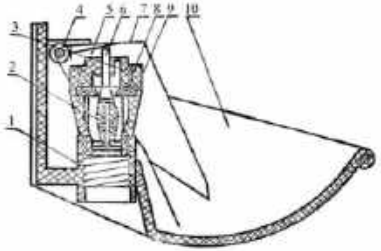


Рис. 30 Автопоилка для КРС АП-1:
1 – бобышка; 2 – амортизатор; 3 – изливное отверстие; 4 – ось педали; 5 – пробка; 6 – клапан; 7 – педаль

Мячевая поилка (рис. 31), имеющая емкость 80 л, рассчитана на 40 животных. Выполняется из ударопрочного высококачественного пластика, не имеет дополнительного подогрева воды. Гладкая круглая форма поилки предотвращает возможность ранения животных.

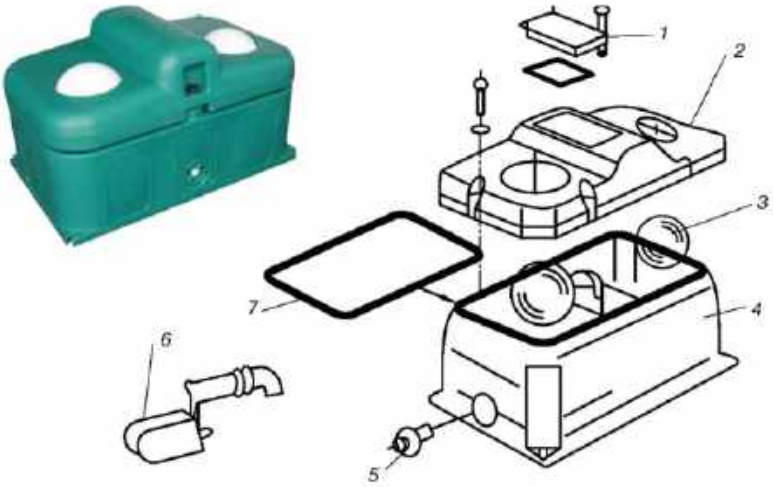


Рис. 31. Общее устройство мячевой поилки:
1 – люк; 2 – крышка; 3 – шар (мяч); 4 – корпус; 5 – дренажный клапан;

6 – поплавковый механизм; 7 – уплотнительная прокладка

Корпус поилки двойной, с полиуретановым термоизоляционным заполнителем. Закрытие поилки обеспечено шаровым, свободно движущимся затвором – мячом диаметром 250 мм. Пополнение воды в поилке обеспечивает поплавковый вентиль. В стенке у дна поилки находится выпускное отверстие, закрытое резиновой пробкой.

При температуре воздуха ниже нуля вода на поверхности шара (мяча) быстро замерзает, особенно ночью, когда животные менее активны. Для устранения этого воду в поилках приходится нагревать либо применять физическую силу для освобождения «мяча» ото льда, что может привести к поломке устройства и выходу его из строя. Использование поилки подобного типа для поения молодняка первого периода жизни (2...4 месяца) в зимний период вообще невозможно – у телят не хватает силы опустить мяч из-за высокого уровня воды в корпусе поилки.

Для обеспечения водой высокопродуктивного скота использование мячевых поилок нецелесообразно. Животные порой подолгу стоят в очереди, чтобы утолить жажду. Если на комплексе эксплуатируется необезроженный скот, то помимо снижения продуктивности из-за недостаточного количества питьевой воды в группе появляется большое количество животных с травмами вымени, полученными во время борьбы за место у поилки. В дальнейшем такие животные выбраковываются. Поэтому на комплексе с продуктивностью 4 тыс. и более литров молока за лактацию необходимо использовать только открытые поилки с большим объемом воды, позволяющие животным быстро утолить жажду. Они должны иметь дополнительный подогрев воды с помощью электрической энергии. Таким требованиям отвечает отечественная поилка АГК-4А, выпускаемая еще с советских времен.

Автопоилка АГК-4 предназначена для одновременного поения четырех голов крупного рогатого скота на выгульно-кормовых площадках в любое время года. Она (рис. 32) состоит из прямоугольного корпуса *1*, выполненного из листовой оцинкованной стали, утепленного стекловолокнистой изоляцией *10*; поильной чаши *2* емкостью 60 л, клапана *4* с поплавковым механизмом *5*, поддерживающим уровень воды в чаше на заданной высоте; электронагревательного элемента *9* мощностью 1 кВт и терморегулятора *7*.

Электронагреватель смонтирован под днищем чаши и под-

ключен к сети напряжением 220 В.

Для нормальной работы автопоилки давление в водопроводе не должно быть выше 0,5 МПа. Одна автопоилка рассчитана на обслуживание 100 голов крупного рогатого скота.

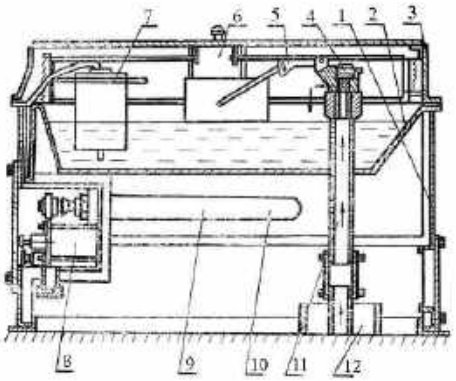


Рис. 32. Автопоилка АГК-4:
1 – корпус; 2 – поильная чаша; 3 – крышка; 4 – клапан; 5 – поплавковый механизм; 6 – разделитель; 7 – терморегулятор; 8 – блок заземления; 9 – нагреватель; 10 – изоляция; 11 – водопроводящая труба; 12 – утеплительная труба

Автопоилка групповая АГК-12 изготавливается для ферм и лагерей в двух модификациях: где имеется водопровод и где его нет. Первая модификация состоит из двух поильных корыт длиной 3 м и емкостью 270 л каждое. В одном из корыт установлен клапанный механизм, управляемый поплавком, автоматически поддерживающим уровень воды в корытах на нужной высоте. Вода к клапанному механизму подводится из водопровода. Вторая модификация (рис. 33) отличается от первой тем, что снабжена цистерной емкостью 3000 л, вода из которой самотеком поступает в корыта.

Уровень воды в корытах поддерживается автоматически при помощи вакуумного регулятора, размещенного в цистерне. Одна автопоилка обслуживает до 150 голов крупного рогатого скота.

Автопоилка передвижная ПАП-10А также предназначена для поения на пастбищах. Она состоит из цистерны емкостью 3000 л, установленной на раме с пневматическими колесами. Заправка емкости осуществляется при помощи центробежного насоса, кото-

рый приводится в работу от ВОМ трактора МТЗ.

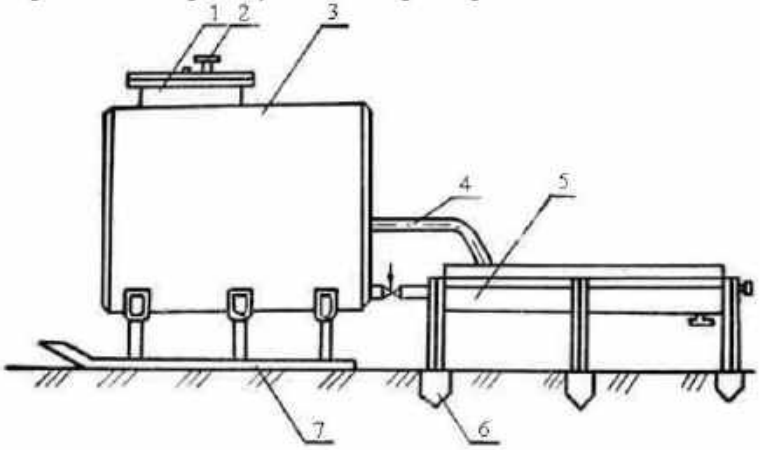


Рис. 33. Автопоилка АГК-12:
1 – горловина; 2 – крышка; 3 – цистерна; 4 – вакуумная труба;
5 – корыто, 6 – костыль

Цистерна оборудована водоводом и десятью поилками ПА-1. Центробежный насос позволяет заправлять цистерну водой из открытых водоемов и колодцев. Одна автопоилка обслуживает до 150 голов крупного рогатого скота.

Автопоилки для свиней

Автопоилка индивидуальная ПАС-2А предназначена для поения свиней, содержащихся в станках. Она имеет две поильные чаши, между которыми расположена поплавковая камера. Чаши сообщаются с поплавковой камерой через отверстия в стенках. Внутри камеры расположен поплавок с рычагом и игольчатым клапаном. Поплавковая камера закрыта съемной крышкой, а чаши снабжены откидными крышками.

При снижении уровня воды в чашах поплавок опускается, открывает клапан, и вода наполняет чаши. Как только чаши наполнятся водой, поплавок поднимается и закрывает клапан. Одна поилка устанавливается на два смежных станка.

Одночашечная самоочищающаяся поилка ПСС-1 относится к типу клапанных поилок. Предназначена для поения свиней на ферме с одновременной очисткой чаши от остатков корма и грязи,

занесенных животными при поении.

Поилка состоит из поильной чаши *1* (рис. 34) и вертикально расположенного клапанного механизма, открывающегося при нажатии на крышку *14*. Клапанный механизм состоит из стакана *6*, внутри которого помещается клапан *4*, перекрывающий изливное отверстие в седле *3* под действием амортизатора 7.

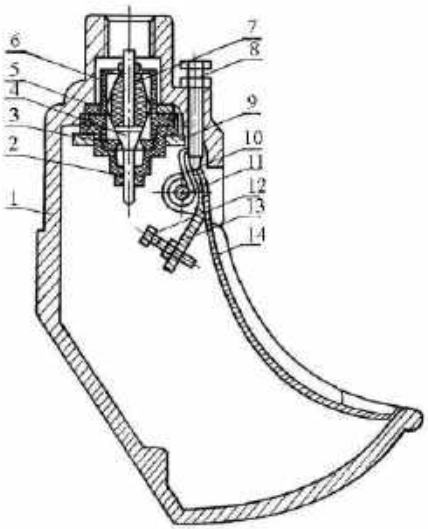


Рис. 34. Автопоилка ПСС-1:
1 – поильная чаша; 2 – крышка клапана; 3 – седло клапана; 4 – клапан; 5 – прокладка уплотнительная; 6 – стакан; 7 – амортизатор; 8 – регулировочный болт нажимного рычага; 9 – планка прижимная; 10 – пружина; 11 – ось крышки поильной чаши; 12 – регулировочный болт хода клапана; 13 – нажимной рычаг; 14 – крышка поильной чаши

Животное, нажимая на крышку, открывает ее и получает доступ к воде, находящейся в поильной чаше. Опускаясь внутрь чаши, крышка при помощи регулировочного болта *12* нажимного рычага *13* открывает клапан, и вода из водопроводной сети поступает в чашу. Когда животное напьется, оно освободит крышку, которая под действием пружины *10* возвращается в первоначальное положение, выбрасывая остаток корма наружу.

Для нормальной работы автопоилки давление в водопроводе не должно быть выше 0,4 МПа. Одна автопоилка обслуживает до

30 свиней.

Сосковые поилки ПБС-1, ПБП-1 предназначены для поения свиней и поросят как при групповом, так и при индивидуальном содержании. Поилка состоит из корпуса *2* (рис. 35), изготовленного из нержавеющей стали, соска *1*, резиновых прокладок *3* и *4*, амортизатора 5, упора *7*, клапана *6*.

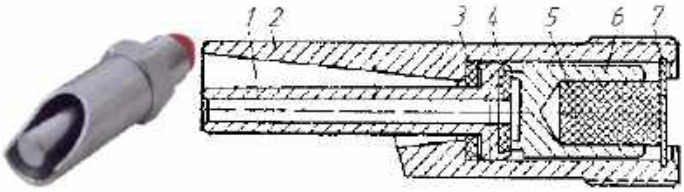


Рис. 35. Сосковая поилка ПБС-1:
1 – сосок; 2 – корпус; 3, 4 – уплотнение; 5 – амортизатор; 6 – клапан; 7 – упор

Как только животное прижмет сосок к носку корпуса, большой торец соска перекосится относительно торца клапана. Вода из магистрали через зазор между клапаном и внутренней поверхностью корпуса поступит в образующуюся при этом серповидную щель, а из нее по отверстию в соске – в рот животного. Когда животное выпускает изо рта сосок, он под действием давления воды и амортизатора возвращается в нейтральное положение и перекрывает доступ воде.

Сосковые поилки низконапорные, их подключают к водопроводу, питающемуся через промежуточный уравнительный бак, устанавливаемый выше водовода на 2 - 3 м. Одна автопоилка обслуживает до 30 свиней.

Поилка групповая АГС-24 (рис. 36) предназначена для поения свиней при групповом содержании их как в летних лагерях, так и на выгульных площадках. Рассчитана на обслуживание 500 свиней. Состоит из цистерны, двух корыт на 12 поильных мест каждое и вакуумного устройства, поддерживающего постоянный уровень воды. При эксплуатации поилки зимой ее оборудуют электроводонагревающим устройством, поддерживающим температуру воды на уровне 10 -15°С.

Цистерну, наполненную водой, герметически закрывают крышкой, затем открывают вентиль, и вода поступает в корыта до тех пор, пока уровень ее не перекроет вакуумную трубу. При снижении уровня воды воздух через вакуумную систему поступает в

цистерну и вода наполняет корыта.

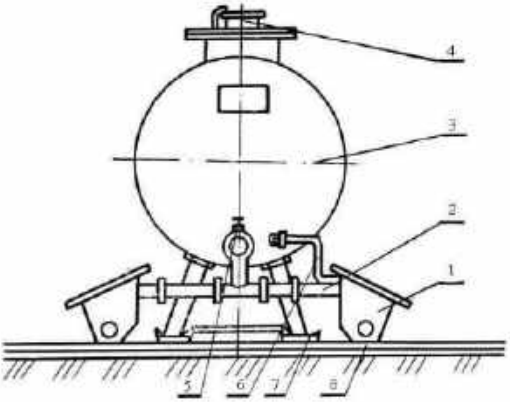


Рис. 36. Автопоилка АГС-24:
1 – корыто; 2 – водоотводяшие трубы; 3 – цистерна; 4 – заливная горловина;
5 – вентиль; 6 – вакуумная труба; 7 – салазки; 8 – помост

Групповая универсальная автопоилка УАС-500 для поения поросят водой сывороткой и др. (рис. 37).

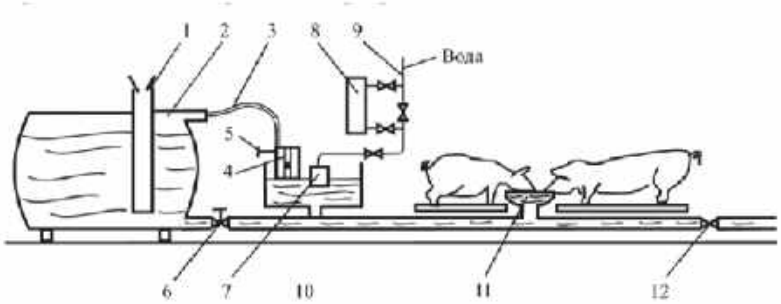


Рис. 37. Универсальная автопоилка УАС-500:
1 – сливная труба; 2 – вакуумная цистерна для жидкостией; 3 – гибкий шланг;
4 – регулятор уровня жидкости; 5 – стопор регулятора уровня жидкости;
6, 12 – краны; 7 – поплавковый регулятор уровня воды;
8 – электроводонагреватель; 9 – водопровод;
10 – трубопровод для подачи воды, сыворотки, обрата; 11 – автопоилка

Автопоилки для овец

Автопоилка ГАО-4 предназначена для поения овец в стойловый период содержания, поения овцематок при окоте, а также на

открытых площадках в летнее время.

Поилка (рис. 38) состоит из поильной чаши *2* емкостью 30 л, установленной на регулируемых стойках *1*, что позволяет изменять высоту расположения поильной чаши над уровнем пола, и клапанного механизма с поплавковым приводом для поддержания постоянного уровня воды в чаше. Автопоилку подключают к водопроводной сети или водораздатчику при помощи гибкого шланга.

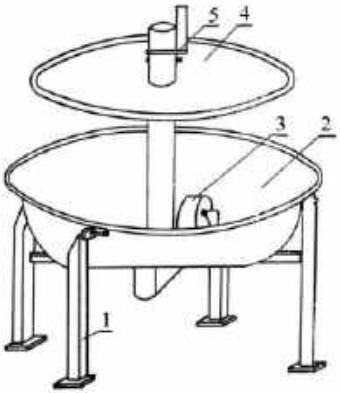


Рис. 38. Автопоилка ГАО-4:
1 – стойка; 2 – чаша; 3 – поплавок; 4 – крышка; 5 – подводящая труба

Автопоилка рассчитана на одновременное поение четырех овец и обслуживает до 200 голов.

Автопоилка групповая АС-0,2 служит для поения овцематок в сакманах в период окота. Она состоит из металлической бочки емкостью 200 л, установленной на подставке, и поильного корыта, расположенного на высоте 0,32 м от уровня пола. Бочку заправляют водой из водопровода или другими средствами через люк, закрываемый герметической крышкой. Постоянный уровень воды в поильном корыте поддерживается при помощи вакуум-регулятора.

Автопоилка АОУ-2/4 предназначена для поения овец в овчарнях и на открытых кормовых площадках при отрицательной температуре окружающей среды. В отличие от ГАО-4А автопоилка АОУ-2/4 имеет теплообменник *11* для подогретой воды и клапана автоматического слива воды *2* из чаши при отсутствии давления в водопроводной сети. Устройство автопоилки показано на рис. 39.

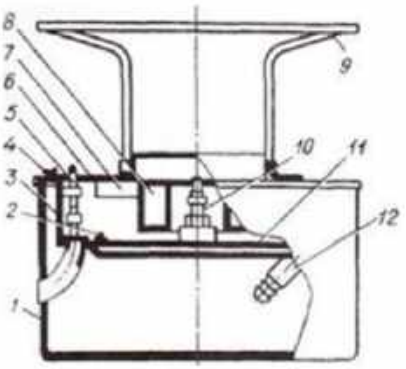


Рис. 39. Схема автопоилки АОУ-2/4:
1 – корпус; 2 – клапан автоматического слива воды; 3 – емкость; 4 – кольцо выпускного винта; 5 – выпускной винт; 6 – крышка; 7 – поильное место; 8 – поплавок; 9 – ограждения; 10 – клапанный механизм; 11 – теплообменник; 12 – штуцер

Корпус *1* цилиндрической формы, при соединении которого с поильной чашей *3* снизу образуется термостатированная стенка для теплоизоляции поильной емкости.

Автопоилка работает следующим образом. Подогретая вода под давлением из магистрали подается в полость двойного дна и через клапанный механизм заполняет чашу автопоилки. По мере наполнения водой поплавок всплывает и закрывает клапан подачи воды. В процессе потребления воды цикл повторяется. При падении же давления воды в магистрали клапан автоматического слива под действием сил упругости пружины открывается и сбрасывает воду из поильной чаши, что предотвращает ее замерзание в зимний период.

Система поения из безклапанных поилок (рис. 40) представляет собой ряд поилок, связанных с уравнительным баком и работающим по принципу сообщающихся сосудов. В состав автопоилки может входить от десяти и более поильных чаш *4*, соединенных трубопроводом *7* с баком *1*. Уравнительный бак *1* с клапаном *2* и поплавком *3* установлен на опорах. В его дно вварены штуцеры. Заданный уровень воды поддерживается поплавково-клапанным механизмом, конструкция которого позволяет осуществлять регулировку поплавка относительно коромысла. Наличие одного бака с одним поплавково-клапанным механизмом повышает надежность системы и снижает трудоемкость обслуживания.

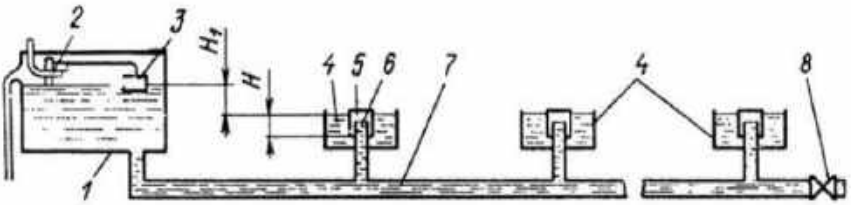


Рис. 40. Схема системы поения из безклапанных поилок:
1 – бак; 2 – клапан; 3 – поплавок; 4 – чаша поилки; 5 – стакан; 6 – питающая трубка; 7 – трубопровод; 8 – вентиль

Принцип работы автопоилки следующий. Вода из уравнительного бака *1* по трубопроводу *7* поступает в поильные чаши *4* через питающие трубки *6*, верхний уровень которых находится на определенной высоте над дном поилки. Над питающими трубками 6 установлены металлические стаканы *5*. При заполнении поилок водой пространство под стаканами остается заполненным воздухом. Эта воздушная подушка предотвращает обратное поступление воды (а вместе с ней и частиц корма) в питающие трубки.

Равновесное положение воды в системе после заполнения обеспечивается при условии, что гидравлическое давление воды в баке равно абсолютному давлению воздуха под стаканом поилки.

Практикой установлено, что число автопоилок, которые можно подключить к одному баку, не должно превышать 35 при общей длине водопроводной трубы 50 м. К одному уравнительному баку можно подключить две трубы по 50 м.

Автопоилки для птицы

Автопоилка ПВ используется для поения цыплят в возрасте от 1 до 10-15 дней. Она состоит из стеклянного или пластмассового баллона *1* емкостью 4,5 л и круглого поддона *2* с желобом *3* (рис. 41). Баллон наполняют водой, ставят на него поддон, а затем поилку поворачивают на 180° и устанавливают на пол баллоном кверху. Вода из баллона самотеком поступает в поддон, из которого цыплята пьют воду. Постоянный уровень в поддоне автоматически поддерживается вакуумом, возникающим в баллоне под действием вытекающей из него воды в поддон. Одна поилка рассчитана на обслуживание 100 цыплят.

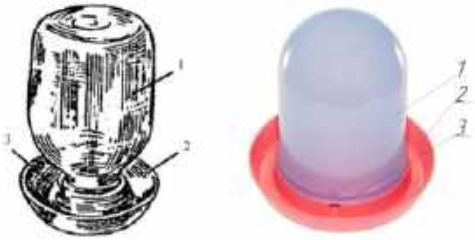


Рис. 41. Автопоилки для птицы вакуумная ПВ:
1 – баллон; 2 – поддон; 3 – желоб

Ниппельная поилка предназначена для поения птицы, содержащейся в клеточных батареях. Вода из водопровода поступает в бачок, имеющий клапанный механизм с поплавковым приводом. К бачку присоединен водовод с ниппельными поилками, установленными против каждой клетки (рис. 42).

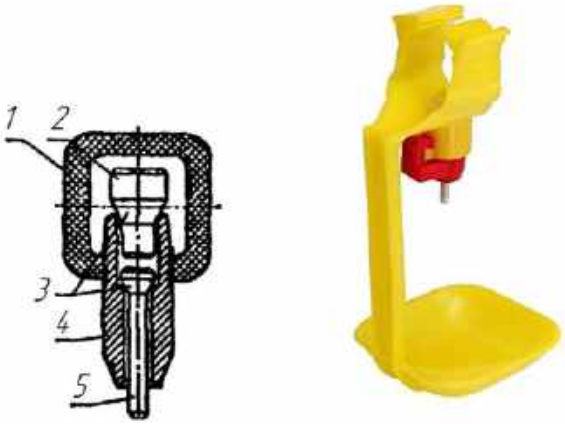


Рис. 42. Ниппельная поилка:
1 – труба; 2 – верхний клапан; 3 – фаски; 4 – корпус; 5 – нижний клапан

Поилка состоит из корпуса *4* с ввернутым в него ниппелем, в котором имеется два клапана: верхний *2* и нижний *5*. При поении птица нажимает клювом на выступающий из ниппеля конец нижнего клапана *5*, который при перемещении вверх открывает верх-

ний клапан *2*, сообщающий полость ниппеля с водоводом, что вызывает появление воды в виде отдельных капель на конце стержня нижнего клапана *5*. Как только птица выпьет одну каплю, на конце стержня появляется другая и т. д.

Поилка чашечная (рис. 43) предназначена для поения птицы при напольном содержании. Поилка подвешивается на нитях системы подвески и с помощью резинового шланга присоединяется к трубопроводу.

В систему поения входит бак с клапаном, служащий для снижения магистрального давления и ввода через него лекарственных препаратов.



Рис. 43. Поилка чашечная

По шлангу вода поступает в поилку, ограниченную бортиками. Под тяжестью воды колокол «проседает», перекрывая клапан, через который идет вода.

По мере «выпивания» воды птицей – вода поступает автома-

тически до полного заполнения поилки водой

Нормальный уровень воды должен составлять 20-40 мм, что достигается за счет регулировки предварительного сжатия пружины гайкой. Одна поилка обеспечивает водой 100-150 цыплят.

Приведённые конструктивные решения автопоилок для животных являются основными типами, но кроме них имеют применение и другие, аналогичные рассмотренным.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия задвижки и вентиля?
2. Объясните принцип действия регулятора давления?
3. Объясните принцип действия обратного и предохранительного клапана?
4. Где устанавливается вантуз и как осуществляется выпуск воздуха?
5. Объясните принцип действия сосковой поилки.
6. Как обеспечивается незамерзаемость водоразда точной колонки?
7. Объясните принцип действия чашечной поилки для птиц.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13
ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАГОТОВКИ ТРУБ. ПРОКЛАДКА НАРУЖНЫХ ВОДОПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ. ИСПЫТАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

Цель: изучение инструмента, применяемого при заготовке труб, способов соединения и изоляции труб, порядка подготовки и проведения гидравлического испытания трубопровода.

Оборудование и инструмент: приспособления и инструмент для прижима, обрезки, гнутья труб, плакаты, манометр, гидравлический пресс.

Заготовка труб

Монтажу предшествует заготовка труб. Надо подготовить для каждого участка водопровода трубы и фасонные части нужных диаметров и, если требуется, нанести на них предохранительное покрытие. При подготовке некоторые трубы приходится обрезать, а при укладке стальных труб также и гнуть.

На концах стальных труб, соединяемых на муфтах, делают нарезку. Стальные и чугунные трубы перерезают труборезами, механическими пилами, угловыми шлифовальными машинами (болгарками) и ножовками. Для резки трубы труборезом ее зажи-

мают в прижиме так, чтобы место разреза было близко к прижиму. Труборез накладывают на трубу роликами на линию разреза и вращают его вполоборота вперед и назад, одновременно поворачивая рукоятку для поджима роликов до полной разрезки трубы. Если при резке трубу закрепляют в тисках, необходимо следить, чтобы труба не смялась.

На рис. 44 и 45 показаны роликовый труборез и типы прижимов, получившие наибольшее распространение в практике. Чугунные трубы допускается перерубать зубилом по предварительно намеченной на трубе линии отреза. Перерубают их на деревянных подкладках или на мешке с песком. По намеченной линии труба надрубается при постепенном ее поворачивании, после чего легкими ударами молотка обрубаемая часть трубы отламывается.



Рис. 44. Роликовый труборез



а) б)

Рис. 45. Прижимы:
а) двухколонный; б) одноколонный

Асбоцементные трубы обычно перерезают ножовками.

Резьбы на стальных трубах нарезают газовыми клуппами системы «Дуплекс». Газовые клуппы системы «Дуплекс» № 1 применяют для труб диаметром от ½″ до 2″ включительно и № 2 для

труб диаметром от 1½″ до 4″ включительно.

При нарезке трубной резьбы газовыми клуппами трубу укрепляют в прижиме так, чтобы выступающая часть трубы была короткой и не дрожала при нарезке. При этом торец трубы должен быть ровным и иметь небольшую запиленную фаску, что позволит режущим плашкам легче забирать стружку.

Самый простой клупп состоит из круглого держателя в форме рамки (рис. 46), внутри которой имеются зажимы для резцов. рамка имеет углубления для рукоятки, которой осуществляется вращение клуппа. Традиционная рукоятка состоит из двух металлических стержней, позволяющих держать устройство двумя руками.



Рис. 46. Ручной клупп

Одноко такое удержание не всегда удобно. Гораздо комфортней вращать держатель одной рукой.

Трубная резьба по длине нарезки подразделяется на «короткую» и «длинную». Короткая резьба применяется для обычного соединения труб муфтами и фасонными частями.

Длинная резьба применяется при соединении труб сгонов.

При обычном соединении отдельные участки проложенной трубы нельзя разобрать без перерезки или полной разборки трубопровода.

Чтобы трубопровод можно было разобрать без перерезки труб на местах, его соединяют с помощью сгонов.

Для разборки такого соединения контргайку и муфту сгоняют по длинной резьбе и трубы в стыке разъединяются.

В табл. 16 приводятся основные размеры трубных резьб.

Таблица 16

Размеры трубной резьбы

Диаметр трубы, ″	Диаметр резьбы, мм	Короткая резьба		Длинная резьба	
		длина, мм	Число ниток	длина, мм	число ниток
½″	20,96	14	8	45	25
¾″	26,44	16	9	50	28
1″	33,25	18	9	55	28
1¼″	41,31	20	9	65	28
1½″	47,81	22	10	70	30
2″	59,62	24	11	75	33
2½″	75,19	27	12	85	37
3	87,84	30	13	95	42

Стальные трубы гнут в холодном или горячем состоянии.

В холодном состоянии трубы диаметром до 1″ гнут на ручном станке системы Вольнова без набивки их песком.

Станок системы Вольнова (рис. 47) состоит из подвижного ролика *5*, неподвижного ролика *3*, вилкообразного поводка *4*, рукоятки *6* и серьги *7* крепежного болта *1* и пластины *2*.

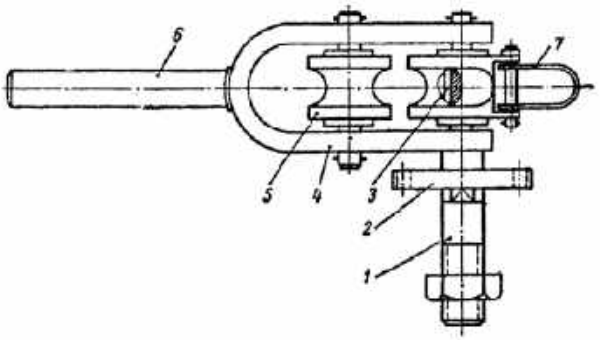


Рис. 47. Станок Вольного (для гнутья труб):
1 – болт; 2 – крепежная пластина; 3 – неподвижный ролик;
4 – вилкообразный поводок; 5 – подвижный ролик; 6 – рукоятка; 7 – серьга

Трубы гнут следующим образом: изгибаемая труба просовывается между роликами так, чтобы место изгиба находилось на неподвижном ролике, а свободный конец располагался в серьге. Когда труба установлена, ее начинают гнуть, поворачивая рукоятку по часовой стрелке на требуемый угол, следя при этом за пра-

вильностью изгиба.

При гнутье трубу располагают так, чтобы сварной шов находился сбоку.

Стальные трубы диаметром до 3″ в холодном состоянии гнут на приводных станках «Максимум», причем трубы диаметром от 2 до 3″ перед изгибанием набивают песком.

Трубы в нагретом состоянии гнут, как правило, с набивкой песком.

Для набивки труб применяется кварцевый (речной) песок. Песок должен быть сухим и иметь диаметр зерен не более 1 мм.

Наружные водопроводные сети

Для водоснабжения населённых пунктов, животноводческих и птицеводческих ферм, мастерских и т.п. сооружают наружные водопроводные сети из чугунных, стальных, асбестоцементных и полиэтиленовых труб.

Трубы, применяемые для строительства трубопроводов и сетей должны иметь достаточную прочность для восприятия суммарного напряжения от действия внутреннего давления воды, грунта и транспортной нагрузки, высокую гидравлическую гладкость внутренней поверхности, водонепроницаемые стенки, большую долговечность, минимальную стоимость. Классификация труб приведена в таблице 17.

Таблица 17

Сортамент и область применения водопроводных труб

Трубы	Условный проход D_y, мм	Область применения
1	2	3
ЧУГУННЫЕ		
Трубы чугунные напорные класса ЛА, А и Б	50…1000	Водоводы и сети на давление до 1,5 МПа, дренаж фильтров
СТАЛЬНЫЕ		
Трубы стальные водогазопроводные	6…150	Сети на давление до 3,5 МПа в сооружениях водовода
Трубы стальные бесшовные горячекатанные	25…100	Трубопроводы жидкого и газообразного хлора и крепких кислот
Трубы стальные электросварные	25…1400	Водоводы и сети в сооружениях водопровода на давление до 3,5 МПа
Трубы стальные электросварные со спиральным швом	400…1200	Водоводы и сети в сооружениях водопровода на давле-

		ние до 3,5 МПа

Окончание табл. 17

1	2	3
Трубы из нержавеющей стали электросварные	8…100	Производственное водоснабжение в реагентном хозяйстве для агрессивных растворов
Трубы бесшовные холоднотянутые и теплокатанные из нержавеющей стали	12…120	Производственное водоснабжение в реагентном хозяйстве для агрессивных растворов
Трубы стальные бесшовные обсадные	114…426	Водоразборы подземных вод
Трубы стальные бурильные	60…168	Водозаборы подземных вод
Трубы стальные, футерованные винипластом и полиэтиленом	60…150	Производственное водоснабжение
АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫЕ		
Трубы асбестоцементные водопроводные марок ВТ6, ВТ9, ВТ12	100…500	Водоводы и сети на давление до 1,2 МПа
Трубы асбестоцементные безнапорные	100…400	Безнапорные трубопроводы оборотных систем водоснабжения
ПЛАСТМАССОВЫЕ		
Трубы напорные из полиэтилена	10…600	В агрессивной среде, сети с/х и поселковых водопроводов на давление до 1 МПа
Трубы винипластовые	6…150	В реагентном хозяйстве для подачи растворов кислот, щелочей и солей на давление до 0,6 МПа
Трубы из стекловолокна	27…300	Трубопроводы, транспортирующие агрессивные кислотные жидкости и морскую воду на давление до 0,6 МПа
Трубы из фторопласта	50…4000	Трубопроводы, транспортирующие агрессивные жидкости на давление до 0,5 МПа
Трубы полипропиленовые	10…1100	В агрессивной среде, сети с/х и поселковых водопроводов на давление до 2,5 МПа и температуру до +95 °С.

Основные условия качества устройства наружных водопроводных сетей: предохранение трубопроводов от замерзания и просадок, герметичность стыковых соединений, правильное размещение и установка водопроводной арматуры.

Для предохранения воды от замерзания зимой и чрезмерного нагревания летом, а также для предохранения труб от механических повреждений наружные водопроводные сети прокладывают в грунте в земляных траншеях. В зависимости от характера грунта траншеи могут быть следующих типов: с отвесными стенками, с откосами и смешанного типа (низ траншеи – с отвесными стенками, а верх – с откосами). Согласно СНиП, в грунтах естественной влажности траншеи можно прокладывать с отвесными стенками без креплений на глубину: в песчаных и гравелистых грунтах не более 1 м, в супесях не более 1,35 м, в суглинках и глинах не более 1,5 м, в особо плотных наскальных грунтах не более 2 м. В условиях, отличающихся от указанных, траншеи следует устраивать либо с откосами без креплений, либо с отвесными стенками, закрепленными на всю высоту.

Ширину траншеи понизу для чугунных и стальных труб принимают равной диаметру прокладываемой трубы плюс 0,6 м, для асбоцементных труб ее увеличивают на 0,1 - 0,2 м. Глубина траншеи зависит от глубины промерзания грунта и должна быть такой, чтобы верх трубы находился на 0,2 м ниже линии промерзания грунта в данной местности.

Чтобы исключить нагревание воды летом в южных районах, глубину заложения трубопроводов принимают не менее 0,5 м, считая от верха трубы. При отсутствии точных данных среднюю глубину укладки труб от поверхности земли до верха трубы принимают: для северных районов от 2,6 до 3,5 м, для центральных районов от 2,2 до 2,7, для южных районов от 1 до 1,5 м.

Для механизации рытья траншей используют экскаваторы разных марок, которые могут разрабатывать траншеи шириной от 0,8 до 1,8 м и глубиной до 3,5 м. Чаще всего для этих целей используют экскаваторы, оборудованные обратной лопатой. Эти экскаваторы, передвигаясь во время работы вдоль траншеи, разрабатывают и укладывают вынимаемый грунт в отвал с одной стороны траншеи, оставляя другую сторону свободной для подвозки и раскладки вдоль ее бровки труб и материалов, необходимых для монтажных работ.

Водопроводные трубы следует укладывать после окончания рытья и подготовки траншеи под укладку. При подготовке дно траншеи следует выровнять в соответствии с указанными в проекте уклонами так, чтобы трубы плотно прилегали к нему всей

длиной. Под стыками устраивают приямки, которые после заделки стыков должны быть плотно подбиты грунтом.

Неровности дна и пустоты под трубопроводом могут вызвать осадку трубы и расстройство стыковых соединений, поэтому на подготовку дна траншеи следует обращать особое внимание. Если траншея выбрана на излишнюю глубину, нужно подсыпать песок или щебень до проектной отметки и подсыпку хорошо утрамбовать.

Наружные водопроводные сети обычно укладывают с уклоном не менее 0,001 по направлениям к выпускам, устраиваемым в пониженных местах трубопроводов и служащих для их опорожнения при ремонте и промывке.

Во всех грунтах, за исключением скальных и разжиженных (плывуны, болотистые), водопроводные трубы укладывают на естественное дно траншеи. В скальных грунтах трубы укладывают на песчаную подушку толщиной не менее 15 см, а в болотистых и других разжиженных грунтах – на специальном искусственном основании.

При прокладке наружных водопроводных сетей необходимо соблюдать следующие требования. При пересечении водопроводных линий с канализационными трубами водопроводные линии необходимо укладывать не менее чем на 0,4 м выше канализационных. При параллельной прокладке водопроводного и канализационного трубопроводов на одном уровне расстояние между стенками трубопроводов должно быть не менее 1,5 м.

Монтаж чугунных трубопроводов. Подлежащие монтажу трубы раскладывают вдоль траншеи на расстоянии 1-2 м от ее края, направляя раструбы так, чтобы трубы опускать в траншею без дополнительных поворотов. Для облегчения монтажных работ раструбы независимо от направления движения воды по трубопроводу должны быть обращены в сторону более высоких отметок дна траншеи. Трубы диаметром до 200 мм можно опускать в траншею вручную на канатах, обвязанных у концов трубы; трубы большого диаметра опускают при помощи грузоподъемных средств. Перед опусканием каждую трубу простукивают молотком массой порядка 0,5 кг: трубы, издающие дребезжащий звук, отбраковывают, так как в них имеются явные или скрытые трещины.

Трубы начинают укладывать с пониженных участков. При укладке трубы на заранее подготовленное дно траншеи с приямком для заделки стыка гладкий конец укладываемой трубы заводят

в раструб ранее уложенной трубы и центрируют. Центрирование необходимо для предупреждения образования в стыках уступов, создающих значительные местные сопротивления для движения воды. Чтобы концы труб не разрушались при температурных деформациях трубопроводов, сопрягать стыки нужно так, чтобы торец гладкого конца не доходил до внутренней полки раструба на 3-3,5 мм (рис. 48) при диаметре труб до 250 мм и на 4-6 мм при диаметре до 500 мм.

После проверки точности центровки и положения по заданному направлению и уклону трубу закрепляют, подсыпав и уплотнив грунт с обеих сторон, на высоту не менее 0,5 ее диаметра, а затем приступают к заделке стыка. Для герметизации стыка кольцевое пространство между гладким концом трубы, введенной в раструб, и внутренней поверхностью раструба сначала законопачивают тремя жгутами: двумя из просмоленной и одним из белой не просмоленной пеньковой пряди. Толщина жгута должна быть несколько больше ширины раструбной щели; концы жгутов должны перекрываться внахлестку на 10 - 15 мм.

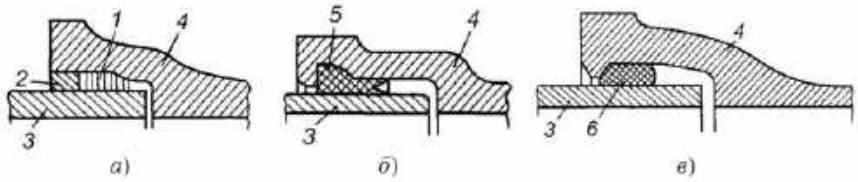


Рис. 48. Соединение чугунных труб:
а – под зачеканку; *б* – с резиновой манжетой; *в* – с резиновым кольцом;
1 – просмоленная прядь; *2* – асбестоцемент; *3* – гладкий конец, *4* – раструб;
5 – резиновая уплотнительная манжета; 6 – резиновое кольцо

В кольцевом зазоре прядь уплотняют конопаткой сначала рукой, а затем молотком. При конопатке необходимо следить, чтобы не перерубить прядь и чтобы от ее концов не получились местами утолщения.

При соединении труб диаметром до 300 мм уплотненная в раструбе прядь не должна доходить до наружного конца раструба на 25-30 мм, а при трубах диаметром до 700 мм – на 30-35 мм; оставшуюся часть раструбного стыка заделывают водонепроницаемым уплотняющим материалом.. В качестве уплотняющего

материала для заделки стыков чугунных раструбных труб применяют цемент или асбоцемент, а в сейсмических районах – свинец.

При заделке стыков чугунных раструбных труб вместо пеньковой пряди применяют также резиновые кольца, используемые для герметизации стыков асбоцементных труб. В этом случае на гладкие концы чугунных труб надевают резиновые кольца, после чего трубы центрируют и вводят в раструб. При вводе в раструб резиновые кольца проталкивают на нужную глубину тупыми конопатками. Оставшееся с внешней стороны свободное пространство раструбной щели заделывают цементным или асбоцементным раствором.

Для заливки стыка расплавленным свинцом обычно пользуются глиняной формой, которую делают следующим образом. По краю раструба вокруг гладкого конца трубы укладывают кольцом веревку (по диаметру равную ширине кольцевого зазора раструба) и оставляют свободный конец длиной 20 - 25 см. Сверху веревки кольцо раструба обмазывают слоем жирной глины, после чего веревку выдергивают за свободный конец. Тогда между глиной и прядью остается кольцевой канал с отверстием вверху. Рядом с этим отверстием делают второе отверстие: первое служит для заливки канала свинцом (литник), а второе – для выхода газов, образующихся при заливке. После того как глиняная форма высохнет, в литник за один прием наливают расплавленный свинец. После заливки глину снимают, а свинец плотно зачеканивают.

Монтаж асбоцементных трубопроводов. Соединяют трубы на асбоцементных муфтах в следующем порядке: муфту надвигают на конец прежде уложенной трубы в таком положении, чтобы более широкий ее конец с рабочим буртом был обращен в сторону стыка. Затем на концы соединяемых труб надевают два резиновых кольца: одно на расстоянии 110 - 120 мм от конца ранее уложенной трубы, а второе в 10 - 15 мм от конца на укладываемой трубе (рис. 49). Чтобы кольца при монтаже не скользили, влажные концы труб протирают сухой тряпкой или концами и осушают сухим цементом или мелом. Затем присоединяемую трубу придвигают к ранее уложенной и центрируют так, чтобы концы соединяемых труб совмещались по окружности, а зазор между ними был примерно 10 мм.

Для определения правильного положения резиновых колец перед монтажом и положения муфты после установки ее на место

на концах соединяемых труб делают карандашом разметку соединения. Первую отметку делают на расстоянии 0,7 длины муфты на конце трубы, на которую надета муфта. На этой отметке следует помещать резиновое кольцо перед установкой муфты на сопрягаемый стык.

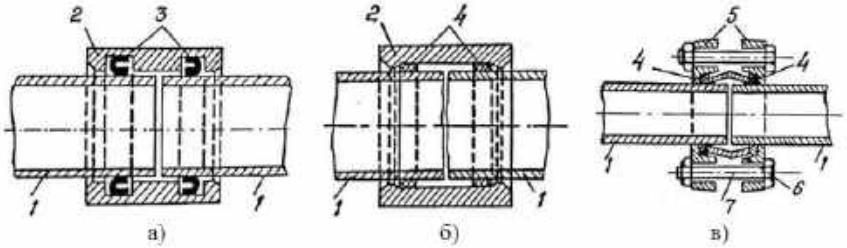


Рис. 49. Стыковые соединения асбоцементных труб:
а) асбестоцементной муфтой САМ; б) при помощи двухбортной муфты;
в) чугунной фланцевой муфтой; 1 – асбестоцементные трубы;
2 – асбестоцементная муфта; 3 – резиновые манжеты;
4 – резиновые кольца; 5 – фланцы; 6 – втулка; 7 – болт

Затем на концах каждой из соединяемых труб на одинаковом расстоянии от концов, равном 0,5 длины муфты плюс 5 мм, делают еще по одной отметке, по которым определяют правильность установки муфты после монтажа. Чтобы избежать ошибок и ускорить работу, при разметке рекомендуется пользоваться шаблоном.

После окончания разметки муфту натягивают на сопрягаемый стык при помощи винтовых или рычажных домкратов, которые закрепляют на присоединяемой трубе на таком расстоянии, чтобы натяжными лапками можно было захватить край муфты. Натягивают муфту до тех пор, пока она не займет положения, при котором ее края будут находиться на одинаковом расстоянии от карандашных отметок (0,5 длины муфты плюс 5 мм), сделанных на концах соединяемых труб. При правильном соединении стыка резиновые кольца должны располагаться от краев муфты на одинаковом расстоянии по всему периметру; со стороны рабочего бурта кольцо должно отстоять от него на 10 - 12 мм, а со стороны противоположного бурта - в непосредственной близости от него.

Чтобы предохранить резиновые кольца от выдавливания при воздействии на них гидравлического давления, кольцевые выемки

при входе труб в муфту со стороны рабочего бурта заделывают цементным раствором (1:1 или 1:2).

Монтаж стальных трубопроводов. Наружную водопроводную сеть, как правило, монтируют при помощи электродуговой сварки.

Перед сваркой кромки труб очищают стальными щетками от ржавчины и грязи и укладывают вдоль траншеи или над ней на деревянные или металлические лежки, надежно опирающиеся в последнем случае своими концами на края траншеи. Затем стык труб при помощи хомутов или зажимов точно центрируют и прихватывают сваркой в трех-четырех местах по окружности стыка. При центровке необходимо следить за тем, чтобы зазор между кромками свариваемых труб с толщиной стенок до 4 мм был в пределах 1 мм и с толщиной стенок до 6 мм – в пределах 1,5 мм. После этого стык сваривают поворотной сваркой, т. е. сначала верхнюю половину, а затем, после поворота труб на 180°, вторую половину.

Размещенные вдоль траншеи трубы сваривают секциями из нескольких труб общей длиной 60 - 100 м. Длину секций выбирают с таким расчетом, чтобы при сварке стыков секцию можно было поворачивать на лежках. После опускания секций в траншею замыкающие монтажные стыки сваривают неповоротной сваркой. Для удобства сварки замыкающих стыков в месте их расположения в траншее дополнительно вырывают боковые приямки, которые после окончания работ засыпают грунтом.

В местах установки фланцевой арматуры стальные трубы соединяют на фланцах. Плоскости фланцев должны быть строго перпендикулярны осям труб и взаимно параллельны.

Чтобы предохранить стальные трубопроводы от ржавления, используют различного рода предохранительные покрытия. Наибольшее распространение получили горячие битумные защитные покрытия. В зависимости от коррозийной активности грунтов по отношению к стальным трубам применяют нормальное, усиленное и весьма усиленное покрытие.

Нормальное покрытие состоит из грунтовки и двух слоев битумной мастики; усиленное - из грунтовки, двух слоев битумной мастики, одного слоя гидролиза и еще двух слоев битумной мастики; весьма усиленное - с добавлением еще одного слоя гидролиза и двух слоев битумной мастики. Для грунтовки битум растворяют в бензине, и полученный раствор наносят на трубу

тонким слоем. Толщина каждого слоя битумной мастики должна быть не менее 1,25 - 1,5 мм. Для предохранения поверхности изоляционного покрытия от повреждений при укладке труб в щебенистых или тяжелых суглинистых грунтах трубы обертывают еще слоем особо прочной бумаги, называемой крафт-бумагой.

Наряду с горячим битумным покрытием применяют также холодное изоляционное покрытие пластичной полиэтиленовой лентой, обертываемой по спирали вокруг трубы после ее очистки.

Монтаж полиэтиленовых трубопроводов. Существуют три типа соединений:

1. неразъёмные (т.е. сварные);
2. разъёмные (резьбовые);
3. условно-неразъёмные, т.е. ниппельные.

Трубы из полиэтилена и винипласта соединяются между собой сваркой, которую проводят в потоке горячим воздухом при температуре 200…220°С специальной горелкой. На конце одной из соединяемых труб снимают фаску под углом 10°, а на конце другой – под 45° и длиной равной 0,2 м трубы. В нагретый до 140° конец винипластовой трубы и до 250…300°С полиэтиленовой трубы быстро, избегая круговых движений вставляют конец трубы, имеющей фаску под углом 10°. Для увеличения прочности соединения конец трубы со снятой фаской промазывают слоем смолы. Практика показала, что контактная сварка этих труб наиболее простая, прочная и надёжная. Типы соединения полиэтиленовых труб показаны на рис. 50.

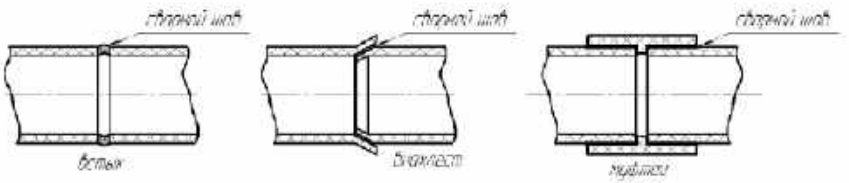


Рис. 50. Соединения полиэтиленовых труб

Для устройства на трубопроводах поворотов, ответвлений, переходов от одного диаметра к другому, а также для установки на трубопроводах арматуры используют различные соединительные части: тройники для соединения двух трубопроводов, пересекающихся под углом; крестовины – для соединения под прямым углом

трёх или четырёх трубопроводов; колено – для изменения направления трубопровода под прямым углом; отводы – для поворота линии водопровода на 45°, 30°, 15°, 10°; муфтами – для соединения прямых участков труб одинаковых диаметров; выпуски – для выпуска воды из трубопровода при прочистке или ремонте.

Полиэтиленовые трубы выпускают из полиэтилена низкой плотности (ПНП) и полиэтилена высокой плотности (ПВП) на давление от 0,25 МПа до 1,0 МПа. Длина труб от 6 до 12 м. Трубы малого диаметра (до 50 мм) выпускаются большой длины, свёрнутыми в бухты.

Водопроводные колодцы устраивают на границах ремонтных участков, на поворотах и пересечениях трубопроводов, а также на ответвлениях от главных магистралей. В водопроводных колодцах размещают задвижки, служащие для регулирования распределения расходов воды по водопроводной сети и отключения отдельных участков сети на время ремонта. В повышенных точках трубопроводов в колодцах устанавливают воздушные вантузы с запорными кранами для их отключения на случай ремонта, а в пониженных - выпуска для спуска воды при промывке или опорожнении трубопровода. Пожарные гидранты следует устанавливать в отдельных колодцах на расстоянии 80 - 100 м друг от друга; расстояние от здания до пожарного гидранта должно быть не менее 5 м для каменных и 10 м для деревянных строений. Водоразборные колонки размещают, исходя из радиуса действия колонок на расстоянии не более 100 м друг от друга. Для установки водоразборных колонок выбирают возвышенные места. На глинистых и суглинистых грунтах вокруг колонки насыпают слой песка.

Приемка выполненных работ и испытание трубопроводов водоснабжения

Принимать работу и испытывать трубопровод необходимо в соответствии с Техническими указаниями на производство и приемку работ по устройству наружных трубопроводов водоснабжения и канализации. При приемке трубопроводов нужно представить проектную документацию, изменения, внесенные в проект; паспорта на оборудование, арматуру и материалы; журналы сварочных и изоляционных работ; акты на скрытые работы; акты испытания трубопроводов на прочность и плотность; акты на промывку и санитарную обработку трубопровода.

Прочность трубопровода проверяют, создавая внутреннее давление, которое принимается равным:

а) для стальных трубопроводов – рабочему давлению (установленному проектом), умноженному на коэффициент 1,25; но не менее 1,0 МПа. Превышение испытуемого давления над рабочим должно быть не менее 500 кПа;

б) для чугунных трубопроводов испытательное давление равняется рабочему плюс 500 кПа;

в) для асбоцементных трубопроводов испытательное давлении равно рабочему (свыше 600 кПа) плюс 300 кПа;

г) для асбоцементных трубопроводов с рабочим давлением до 600 кПа испытательное давление равно рабочему давлению, умноженному на коэффициент 1,5;

д) для железобетонных трубопроводов испытательное давлении равно рабочему давлению плюс 300 кПа;

е) для подводных трубопроводов испытательное давление принимается равным двойному рабочему давлению, но не менее 1,2 МПа.

Рабочее давление равно максимальному давлению, установленному проектом для самой пониженной точки испытываемого участка трубопровода, длину которого рекомендуется принимать не более 1 км.

Испытания трубопроводов должны проводиться без гидрантов, предохранительных клапанов и вантузов, взамен которых на период испытаний устанавливают заглушки.

Задвижки на испытательном участке водопровода должны быть полностью открыты. Запрещается применять задвижки для отключения испытуемого участка водопровода от действующей системы. В этих случаях устанавливают глухие фланцы или заглушки.

Герметичность трубопровода проверяют по предварительному испытанию (стыки и узлы не засыпаны землей) – тщательным внешним осмотром трубопровода, находящегося под внутренним давлением и по окончательному испытанию, определяя утечки при гидравлическом испытании или величину падения давления при пневматическом испытании.

Продолжительность предварительного испытания трубопроводов должна быть не менее 10 мин., после чего давление снижают до рабочего и осматривают трубопровод.

Если при испытательном давлении не произошло разрыва труб и фасонных частей, а в заделке стыковых соединений не обнаружено нарушений и если при рабочем давлении не будет обнаружено утечки воды, то можно считать, что трубопровод выдержал предварительные испытания.

Окончательное гидравлическое испытание трубопровода разрешается начинать не ранее чем через 24 часа после засыпки траншей грунтом и заполнения трубопровода водой.

Следует отметить, что в водопроводах всегда бывает утечка воды. Существуют нормы допустимой утечки для различных трубопроводов, приведенные в таблице 18.

В соответствии с Техническими указаниями СН-174-87 разрешается не производить специального определения величины утечек воды, если при испытании трубопровод полностью доступен осмотру в рабочем состоянии и испытательное давление трубопроводов диаметром 200 мм и менее падает в течение 10 мин. не более чем на 50 кПа.

Таблица 18

Допускаемые величины утечки из напорных трубопроводов, л/мин

Внутренний диаметр, мм	Допустимая утечка на участке трубы длиной 1 км		
	стальные	чугунные	асбоцементные
100	0,28	0,70	1,40
125	0,35	0,90	1,56
150	6,42	1,05	1,72
200	0,56	1,40	1,98
250	0,70	1,55	2,22
300	0,85	1,70	2,42
350	0,90	1,80	2,62
400	1,00	1,95	2,80
450	1,05	2,10	2,96

После окончания гидравлических испытаний трубопровод необходимо промыть, а затем продезинфицировать. Скорость течения воды в трубопроводе при промывке должна быть не менее 1 м/с. Промывают трубопровод до исчезновения в воде мути и других примесей.

Для дезинфекции трубопровод заполняют водой, содержащей раствор хлорной извести (не менее 40 мг активного хлора на 1 л воды). Хлорная вода должна находиться в трубопроводе не менее 24 часов. Количество остаточного хлора в воде по окончании хлорирования должно быть не менее 1 мг/л.

После окончания дезинфекции хлорная вода спускается, и трубопровод вторично промывают, отбирая пробы воды (в конце промывки) для лабораторного исследования.

Учитывая, что хлорная вода вредна для животных и растений, сбрасывать ее из трубопроводов необходимо в специально подготовленные ямы (шурфы, колодцы) или в места, где эта вода не оказывает вредного влияния. Нельзя сбрасывать хлорную воду в водоемы, используемые для разведения рыбы или водопоя скота; хлорная вода не должна заливать или затоплять огороды, поля, сады.

После дезинфекции и промывки следует пробная эксплуатация, во время которой проверяют исправность действия арматуры, установленной на водопроводной сети. Пробная эксплуатация длится не менее 2 суток. Если в течение этого времени не будет обнаружено никаких дефектов, то водопровод подлежит приемке.

Контрольные вопросы

1. Какой инструмент используется для обрезки чугунных труб?
2. Назначение сгонового резьбового конца.
3. Чем отличается процесс нарезки резьбы клуппом от нарезки плашкой?
4. На какое давление испытываются трубопроводы?
5. При каких условиях вы примете трубопровод от строителей на баланс хозяйства?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кордон, М. Я. Гидравлика : учебное пособие / М. Я. Кордон, В. И. Симакин, И. Д. Горешник. – Пенза : ТГУ, 2005 – 71 с. – Режим доступа: http://window.edu.ru/catalog/pdf2txt/862/36862/13875

2. Гидравликам: учебное пособие / Г.С. Бухвалов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Самара : РИЦ СГСХА, 2016. – 174 с. – Режим доступа: https://lib.rucont.ru/efd/543435

3. Бухвалов, Г.С. Гидравлические машины: учебное пособие / Г.С. Бухвалов, П.М. Карпов, С.В. Денисов, А.Л. Мишанин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. –177 с.

4. Артемьева, Т.В. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод : учебное пособие / Т.В. Артемьева, Т.М. Лысенко [и др.]. – М. : Изд. Центр «Академия», 2008. – 336 с.

5. Кудинов, В.А. Гидравлика : учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – М. : Высшая школа, 2007. – 180 с.

6. Штеренлихт, Д. В. Гидравлика : учебник / Д. В. Штеренлихт. – 5-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2015. – 656 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/64346

7. Сабашвили, Р.Г. Гидравлика, гидравлические машины и водоснабжение сельского хозяйства : учебное пособие / Р.Г. Сабашкили. – М. : Колос, 1997. – 179 с.

8. Ловкис, З.В. Гидравлика и гидравлические машины : учебное пособие / З.В. Ловкис, В.Е. Бердышев. – М. : Колос, 1995. – 303 с.

9. Палишкин, А.Н. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение : учебное пособие / А.Н. Палишкин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 351 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Удельный вес и плотность жидкости при $t = +20°C$

Жидкость	Удельный вес γ, Н/м^3	Плотность ρ, кг/м^3
Автомобильный бензин	6990-7470	712-761
Морская вода	10010-10090	1002-1029
Пресная вода	9790	998
Дизельное топливо	8150-8450	831-861
Керосин	7770-8240	792-840
Масло АК-11	9070-9120	925-930
Компрессорное масло	8820-9060	899-924
Трансформаторное масло	8700	887
Нефть	8340-9320	850-950
Этиловый спирт	7740	789

Приложение 2

Изменение кинематической вязкости воды в зависимости от температуры

t,°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\nu \times 10^8$ м^2/с	179	131	101	80	66	56	48	41	37	33	28

Приложение 3

Динамическая и кинематическая вязкость при t=+20 °C для некоторых жидкостей

Жидкость	Динамическая вязкость μ, Па×с	Кинематическая вязкость $\nu \times 10^4$,м^2/с
Бензин (при t=+15°C)	0,0006	0,0083
Пресная вода	0,001	0,010
Глицерин	0,512	4,1
Керосин (при t=+15°C)	0,0016	0,02
Касторовое масло	0,972	10,02
Минеральное масло	0,0275-1,25	0,313-14,5
Нефть (при t=+15°C)	0,007	0,081
Ртуть	0,0015	0,0011
Спирт этиловый	0,00119	0,0151

Приложение 4

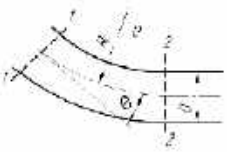
Шероховатость стенок труб

Трубы	Шероховатость Δ, мм
Стальные цельнотянутые (новые)	0,02-0,05
Те же (бывшие в эксплуатации)	015-0,30
Стальные сварные (новые)	0,04-0,1
Чугунные (новые)	0,25-1
Чугунные и стальные (бывшие в эксплуатации)	0,8-1,5
Асбестоцементные (новые)	0,05-0,1
Те же (бывшие в эксплуатации)	0,6
Бетонные и железобетонные	0,3-0,8
Стеклянные	0,0015-0,010

Приложение 5

Коэффициенты местных сопротивлений:

а) плавный поворот трубы на угол Θ:

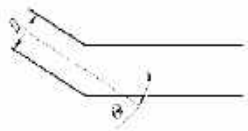


$$\xi_{пл.пов}=\xi(\Theta/90)$$

$D/(2R_0)$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
ξ	0,13	0,14	0,16	0,21	0,29	0,44	0,66	0,98	1,41	1,98

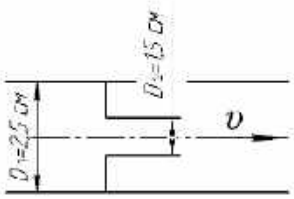
б) резкий поворот трубы на угол Θ:

$$\xi_{рез.пов}=A\times B$$



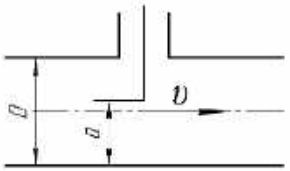
Θ, град.	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
A	0	2,50	2,22	1,87	1,50	1,28	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
Θ, град.	0	20	30	45	60	75	90	110	130	150	180
B	0	0,05	0,07	0,17	0,37	0,63	0,99	1,56	2,16	2,67	3,00

в) диафрагма



S_2/S_1	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\xi_{диафр}$	1070	245	51	18,4	8,2	4,0	2,0	0,97	0,41	0,13	0

г) простая задвижка на круглой трубе



a/D	0	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$\xi_{задв}$	-	35,0	10,0	4,60	2,60	0,98	0,44	0,17	0,06

д) дисковый (дроссельный) затвор,
перекрывающий круглую цилиндрическую трубу



Θ	5	10	20	30	40	50	60	70	75
$\xi_{др}$	-	0,52	1,54	4,50	11,0	29,0	108	625	-

е) обратный клапан

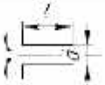
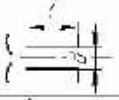
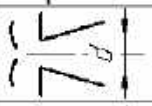
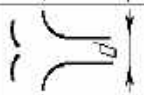
D, мм	40	70	100	200	300	500	750
$\xi_{обр.кл}$	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5	2,9

ж) всасывающий клапан с сеткой

D, мм	40	70	100	200	300	500	750
$\xi_{вс.кл}$	1,3	1,4	1,5	1,9	2,1	2,5	2,9

Приложение 6

Значение коэффициентов
при истечении жидкости через отверстия и насадки

Вид отверстия или насадка	Схема	Коэффициенты			
		ε	φ	μ	ζ
Отверстие в тонкой стенке		0,62-0,64	0,97	0,60-0,62	0,06
Внешний цилиндрический насадок ($l \geq 3d$)		1,0	0,82	0,82	0,50
Внутренний цилиндрический насадок ($l \geq 3d$)		1	0,71	0,71	-
Конический сходящийся насадок		0,985	0,96	0,945	0,08
Конический расходящийся насадок		1	0,475	0,475	-
Коноидальный насадок		1	0,97-0,98	0,97-0,98	0,06

Приложение 7

Значение коэффициента шероховатости стенок каналов

Характеристика поверхности	Коэффициент шероховатости n
Естественный грунт	0,025
Скальный грунт	0,040
Деревянные лотки	0,013
Бетонные облицовки, лотки, трубы	0,014
Каменная облицовка	0,025
Кирпичная кладка	0,015

Приложение 8

Допустимые по условиям прочности стенок канала
скорости движения воды (м/с):

в земляных каналах	1,0-1,5
в каналах с булыжной облицовкой	2,5-4,0
в каналах с бетонной облицовкой	до 10
в деревянных лотках	до 20

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Общие указания по выполнению лабораторных работ 4

Лабораторная работа № 1. Определение давления и напора с помощью различных приборов 5

Лабораторная работа № 2. Исследование режимов движения жидкости 11

Лабораторная работа № 3. Исследование уравнения Д. Бернулли 15

Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента сопротивления трения по длине трубы 18

Лабораторная работа № 5. Определение коэффициентов местных сопротивлений 22

Лабораторная работа № 6. Определение расхода жидкости по водомеру Вентури 26

Лабораторная работа № 7. Истечение жидкости через отверстия и насадки при постоянном напоре 29

Лабораторная работа № 8. Автоматическая безбашенная установка ВУ-5-30 35

Лабораторная работа № 9. Водоструйная установка ВН-2Ц-6.. 45

Лабораторная работа № 10. Погружные насосы для водоснабжения 51

Лабораторная работа №11. Параметрические испытания центробежной насосной установки 71

Лабораторная работа № 12. Водопроводная арматура 76

Лабораторная работа № 13. Оборудование для заготовки труб. Прокладка наружных водопроводных сетей. Испытание трубопроводов 99

Рекомендуемая литература 116

Приложения 117

Учебное издание

Составители:

Денисов Сергей Владимирович
Мишанин Александр Леонидович
Киров Юрий Александрович
Бухвалов Геннадий Сергеевич

ГИДРАВЛИКА

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 29.04.2020. г. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 7,10; печ. л. 7,63
Тираж 50 Заказ № 64.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская обл., пос. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2
Тел.: 8 939 754 04 89, доб 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 629.113.004 (075)
ББК 40.752.я.73
С14

Сазонов, Д. С.

С14 Эксплуатация сельскохозяйственной техники: методические указания / Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 56 с.

Методические указания содержат описание лабораторных занятий по основным разделам курса «Эксплуатация сельскохозяйственной техники». Основное внимание уделено разработке плана механизированных работ и расчету состава МТП.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.04 Агрономия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П. 2020

Предисловие

Настоящие методические указания посвящены вопросам изучения основ эксплуатации сельскохозяйственной техники. В учебном издании уделено внимание расчету состава агрегата и разработке операционно-технологической карты на технологическую операцию, а так же назначению и правилам эксплуатации технологического оборудования, применяемого при диагностировании и техническом обслуживании сельскохозяйственной техники.

Издание содержит методики составления плана полевых сельскохозяйственных работ, расчета состава машинно-тракторного парка и построения графиков машиноиспользования.

В издании представлены необходимые рекомендации и значительный справочный и материал по современной сельскохозяйственной технике, что позволяет без привлечения дополнительных источников выполнять задания.

Цель издания «Эксплуатация сельскохозяйственной техники» – формирование у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию сельскохозяйственной техники для производства и первичной переработки продукции растениеводства на предприятиях различных организационно-правовых форм.

Издание предназначено для обучающихся очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 35.03.04 «Агрономия», а так же для инженерно-технических работников АПК.

Лабораторная работа №1
Разработка операционно-технологической карты

Цель занятия: освоить методику разработки и составления операционно-технологической карты полевой сельскохозяйственной операции.

Задание. Выберите оптимальный способ движения, определите основные кинематические характеристики трактора, рабочего участка и производительности машинно-тракторного агрегата, составьте операционно-технологическую карту по индивидуальному заданию.

Выбрать способ движения агрегата исходя из агротехнических требований, предъявляемых к производственному процессу.

Челночный способ движения – один из самых распространенных благодаря своей простоте, и для него не нужно разбивать поле на загоны. Этим способом выполняют подавляющее большинство операций: внесение удобрений; лущение стерни и дискование; плоскорезную обработку почвы; вспашку оборотным и фронтальным плугами; боронование при небольшой ширине захвата агрегата; сплошную культивацию; прикатывание почвы; посев и посадку сельскохозяйственных культур; междурядную обработку пропашных культур; уборку сельскохозяйственных культур агрегатами с фронтальными рабочими органами, навешиваемыми на трактор спереди, и др.

Всвал, вразвал и чередование загонов всвал и вразвал чаще применяют при вспашке. Однако эти способы движения возможны и на некоторых других операциях, включая лущение стерни и дискование, боронование, посев зерновых (непропашных) культур; уборку сельскохозяйственных культур и др.

Беспетлевой комбинированный способ движения чаще применяют на вспашке, а также на уборке картофеля и сахарной свеклы, где нежелательны петлевые повороты.

В зависимости от выбранного способа движения, определить ширину поворотной полосы E (часть загона, временно выделяемая для поворотов):

При петлевых поворотах

$$E = 3 \cdot R + e, \text{ м.}$$

При беспетлевых поворотах

$$E = 1{,}5 \cdot R + e, \text{ м,}$$

где R – радиус поворота агрегата, м;

e – длина выезда агрегата, м.

Длина выезда агрегата e – расстояние, на которое нужно продвинуть агрегат от контрольной линии на поворотной полосе до начала поворота с тем, чтобы избежать огрехов или порчи растений.

$e = 0{,}5 - 0{,}75 l_a$ – для прицепных машин;

$e = 0{,}35 - 0{,}65 l_a$ – для навесных машин.

где l_a – кинематическая длина агрегата, которая складывается из кинематических длин трактора l_{TP}, сцепки l_C и рабочей машины l_M.

$$l_a = l_{TP} + l_C + l_M, \text{ м,}$$

где l_{TP} – кинематическая длина трактора (прил. 1), м;

l_C – кинематическая длина сцепки (прил. 1), м;

l_M – кинематическая длина с.-х. машины (прил. 1, 2), м;

Радиус поворота агрегата R определяется следующим образом:

Для посевных и культиваторных агрегатов:

с одной машиной $R = 1{,}7 B_{AГ}$;

с двумя машинами $R = 1{,}2 B_{AГ}$;

с тремя машинами $R = 0{,}9 B_{AГ}$;

с четырьмя-пятью $R = 0{,}8 B_{AГ}$.

Бороновальные и лущильные агрегаты: $R = B_{AГ}$.

Навесные агрегаты: $R = R_{ТРАКТОРА}$ (прил. 3).

Прицепные пахотные агрегаты: $R = (3{,}4...7) B_{AГ}$.

В связи с тем, что ширина поворотной полосы должна быть кратной ширине захвата агрегата, то после расчетов необходимо откорректировать полученное значение ширины поворотной поло-

сы E.

Определить рабочую длину загона по выражению:

$$L_P = L - 2E, \text{ м},$$

где L – длина поля, м.

Для способов движения, которые требуют разбивки поля на загоны, необходимо определить ширину загона C и количество загонов $n_з$.

Движение всвал, вразвал

$$C = \sqrt{2B_{АГ} \cdot L + 16R^2}, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения

$$C = \sqrt{3B_{АГ} \cdot L}, \text{ м}.$$

Круговой способ

$$C = 0{,}22 \cdot L, \text{ м}.$$

Расчетная ширина загона должна корректироваться с тем, что бы она была кратной двойной ширине захвата агрегата.

Количество загонов:

$$n_з = \frac{B_П}{C},$$

где $B_П$ – ширина поля, м.

Определить длину холостого пути l_X в зависимости от выбранного способа движения.

Челночный способ движения (петлевые грушевидные повороты):

$$l_X = 6R + 2e, \text{ м}.$$

Способ движения «всвал» или «вразвал»

$$l_X = 2{,}4R + 0{,}5C - 0{,}5B_{АГ} + 2e, \text{ м}.$$

Комбинированный способ движения

$$l_X = 1{,}4R + 0{,}5C - \frac{2R \cdot B_{АГ}}{C - B_{АГ}} + 2e, \text{ м}.$$

Коэффициент рабочих ходов определяется по формуле

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + l_X}.$$

Определить чистое рабочее время смены T_P из уравнения баланса времени смены

$$T_P = T - t_X - t_1 - t_2 - t_Л, \text{ ч},$$

где T =7 ч – общее время смены,

t_X – время, затраченное на повороты и холостые заезды, ч;

t_1 – время, затраченное на технологическое обслуживание, ч;

t_2 – время, затраченное на техническое обслуживание проводимое, как правило, в начале смены (прил. 4), ч;

$t_Л$ – время, затраченное на личные нужды обслуживающего персонала, принимается равным 0,2 ч.

7. Время, необходимое на совершение одного цикла $t_Ц$

$$t_Ц = \frac{2 \cdot (L_P + l_X)}{500 \cdot V_P} + t_0, \text{ч},$$

где t_0 – время остановок, затраченное на технологическое обслуживание за цикл (прил. 5), ч;

$$t_0 = t_T + t_{OC} \cdot z \text{ , ч},$$

где t_T – время, затрачиваемое на технологическое обслуживание рабочих органов (очистка рабочих органов, проверка глубины обработки, высоты среза, нормы высева, величины потерь и т.д.) (прил. 5);

t_{OC} – длительность одной остановки агрегата для циклического технологического обслуживания (заправка технологических емкостей или выгрузка из них); ч

z – количество остановок за цикл, необходимых для технологических обслуживаний.

Для агрегатов, не имеющих технологических емкостей время, затрачиваемое на циклическое технологическое обслуживание $t_0 = t_T$.

Длительность одной остановки агрегата

$$t_{OC} = 0{,}05 \cdot m \text{ , ч},$$

где m – количество машин в агрегате, шт.

Количество остановок за цикл Z

$$Z = \frac{2 \cdot L_P}{l_{OC}}$$

где $l_{ОС}$ – путь заполнения или опорожнения емкости, м.

$$l_{ОС} = \frac{10^4 \cdot V \cdot \gamma \cdot \psi}{h \cdot B_{АГ}}, \text{ м},$$

где V – объем емкости на машине, м^3 (прил. 2);

γ – плотность материала, кг/м^3;

ψ – коэффициент использования емкости (0,94);

h – норма высева, кг/га;

$B_{АГ}$ – ширина захвата машины, м.

Количество циклов за смену $n_Ц$:

$$n_Ц = \frac{T - t_2 - t_Л}{t_Ц}.$$

Время, затраченное на повороты и холостые заезды t_X:

$$t_X = \frac{l_X}{500 \cdot V_P} \cdot n_Ц, \text{ ч}$$

Время остановок агрегата для циклического технологического обслуживания t_1

$$t_1 = t_0 \cdot n_Ц, \text{ ч}.$$

Определить общий коэффициент использования времени смены τ

$$\tau = \frac{T_p}{T}.$$

Производительность агрегата:

За цикл $W_Ц$

$$W_Ц = \frac{2 \cdot L_p \cdot B_{АГ}}{10000}, \text{ га/цикл}.$$

За час W

$$W = \frac{W_Ц}{t_Ц}, \text{ га/ч}.$$

За смену $W_{СМ}$

$$W_{СМ} = 0{,}1 \cdot B_{АГ} \cdot V_P \cdot T_P, \text{ га/см}.$$

Удельный расход топлива $\theta_{ГА}$ при работе агрегата.

$$\theta_{ГА} = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot t_X + Q_0 \cdot t_{ОСТ}}{W_{СМ}}, \text{ кг/га.}$$

где Q_P – расход топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

T_P –чистое рабочее время. ч.

Q_X – расход топлива двигателем трактора при поворотах и холостых заездах, принимаемый 70-75% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

t_X – время, затрачиваемое на повороты, ч.

Q_0 – расход топлива двигателем трактора при остановках, принимаемый 10% от расхода топлива двигателем трактора под нагрузкой, кг/ч;

$t_{ОСТ}$ – время остановок для технологического обслуживания, ч

Расход топлива двигателем трактора под нагрузкой

$$Q_P = \frac{N_{eH} \cdot g_{eH}}{1000}, \text{ кг/ч,}$$

где g_{eH} – удельный расход топлива двигателем трактора , г/кВт·ч

$$t_{ОСТ} = t_1 + t_Л, \text{ч.}$$

Определить затраты труда на единицу работы H_O

$$H_O = \frac{m_M + m_{BC}}{W}, \text{ чел·ч/га,}$$

где m_M и m_{BC} – соответственно количество механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих агрегат;

По результатам расчетов составляется операционно-технологическая карта (рис. 1).

Значение параметров	Схемы
1. Условия работы	
Площадь поля - га	
Длина, ширина поля - м	
Удельное сопротивление - Н/ м	
Уклон - %	
2. Агротехнические требования	
Глубина обработки, подрезание сорняков,	
заделка растительных остатков, норма высева,	
норма внесения удобрений и тд	
3. Состав и подготовка агрегатов	
Марка энергомашины -	
Марка СХМ -	
Количество СХМ -	
Марка сцепки -	
Длина выезда агрегата - м	
Минимальный радиус поворота - м	
4. Поле и подготовка поля к работе	
Способ движения -	
Способ поворота -	
Ширина поворотной полосы - м	
Коэффициент рабочих ходов -	
Подготовка поля к работе	
5. Режим работы агрегата	
Скорость движения - км/ ч	
Передачи -	
Среднее время одного цикла - ч	
Производительность:	
- за цикл - га/ цикл	
- за час - га/ ч	
- за смену - га/ см	
Погектарный расход топлива - кг/ га	
Прямые эксплуатационные затраты - руб/ га	

Схема агрегата с указанием основных кинематических характеристик агрегата (центр агрегата, кинематическая длина трактора, машины, сцепки, агрегата, ширина захвата агрегата)

Схема способа движения. (На схеме обозначить: ширину поворотной полосы, длину выезда агрегата, рабочую длину загона, ширину загона)

6. Контроль качества работы	Показатели	Нормативы	Баллы	Способ замера, инструмент	Схема взятия проб
					Схема взятия проб
	Оценка в баллах: 8..9 - отлично 6..7 - хорошо 4..5 - удовлетворительно менее 4 - неудовлетворительно				

Рис. 1. Операционно-технологическая карта

Контрольные вопросы

1. Как рассчитать и откорректировать ширину поворотной полосы?
2. Что такое длина выезда и от чего она зависит?
3. Как найти коэффициент использования рабочих ходов и что он характеризует?
4. От чего зависит радиус поворота агрегата?
5. Как найти коэффициент использования времени смены и что он характеризует?
6. Перечислите составляющие уравнения баланса времени смены.
7. Как рассчитать производительность машинно-тракторного парка за смену?

Лабораторная работа №2
Составление плана механизированных работ принятого пятипольного севооборота

Цель занятия: освоить методику составления плана механизированных работ.

Задание. Составить план механизированных работ для заданного севооборота.

План механизированных работ разрабатывается на основании технологических карт на возделывание с.-х. культур на период, указанный в задании.

В шапке таблицы 1 в графах 5-9 вписываются наименования сельскохозяйственных культур заданного севооборота.

В графе 1 «№ п/п» указывается порядковый номер сельскохозяйственной операции. В графе 2 записываются все сельскохозяйственные операции в строгой календарной последовательности их выполнения. Для этих целей следует воспользоваться технологическими, где представлен перечень операций при возделывании сельскохозяйственных культур, на основании которых и разрабатывается план механизированных работ. При этом следует обратить внимание: на то, что из разрозненных технологических карт необходимо составить сводный план механизированных работ, операции в котором должны располагаться в строгой календарной последовательности, причем за основу берется первое значение

даты календарных сроков выполнения операции. Одноименные операции по различным сельскохозяйственным культурам, отличающиеся между собой сроками выполнения, агротехническими требованиями или составом применяемых сельскохозяйственных машин, должны записываться в графу 2 как отдельные операции.

В графе 3 указываются агротехнические календарные сроки выполнения процесса (операции), а в графе 4 – единица измерения (га, т – погрузка, ткм – транспортировка). В графах 5...9 после записи соответствующей операции проставляются цифры объема выполняемых работ в физических единицах (га, т, ткм). Объем работ при погрузке определяется произведением нормы внесения (высева, сбора или урожайности в т/га) культуры на ее площадь (га). При транспортировке объем работ определяется произведением нормы внесения (высева, сбора или урожайности в т/га) культуры на ее площадь (га) и на расстояние перевозки (км). В графе 10 проставляется суммарный объем работ (сумма граф 5...9) по каждой операции в единицах, указанных в графе 4.

Таблица 1

План механизированных работ

№ с.-х. операции	Наименование с.-х. операции	Календарный период выполнения операции	Единица измерения	Площадь, занимаемая с.-х. культурами					Общий объем работ	Марка трактора	Комбайны и другие машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

После того как проведен выбор рациональных марок тракторов, проводится распределение работ по энергосредствам и другим машинам (графы 11, 12) на основании приложения 3. В первую очередь распределяются работы, которые выполняются универсально-пропашными тракторами. В основном это работы по возделыванию пропашных культур: посев (посадка), междурядная

обработка и работы, связанные с уходом за растениями (борьба с сорняками, вредителями, болезнями), также работы по заготовке сена, сенажа, уборке соломы, боронованию трав, внесению удобрений и подкормке.

В графе 12 указываются марки комбайнов, транспортных средств и других машин.

Номера, присвоенные операциям в таблице 1, сохраняются на протяжении всех последующих расчетов.

Контрольные вопросы

1. Для каких целей составляется план механизированных работ?
2. Каким образом записываются с.-х. операции в план механизированных работ?
3. Как рассчитывают объем работ при погрузке и транспортировке?
4. На основании чего выбирается марка трактора?
5. Как рассчитывается общий объем работ?

Лабораторная работа №3
Расчёт оптимального состава МТП для заданного севооборота и объёмов работ

Цель занятия: освоить методику определения энергетических средств, с.-х. машин, трудовых ресурсов и топлива на технологическую операцию.

Задание. Рассчитать потребное количество энергетических средств и с.-х. машин для заданного севооборота.

Расчет потребного количества тракторов, агрегатов и самоходных машин проводится отдельно по каждой марке энергетического средства.

В начале выписываются работы, выполняемые тракторами общего назначения (табл. 1), откуда выбираем операции, выполняемые одной маркой трактора, и записываем в таблицу 2. Затем операции, выполняемые другой маркой трактора и т.д. С этой целью составляется таблица 2. В этой таблице графы 1, 2, 3, 4, 5 заполняются на основании плана механизированных работ (табл.1).

Количество рабочих дней (графа 6) определяется на основании календарных сроков, при этом учитывается первый и последний день. Влияние метеоусловий, выходных дней и простоев по причине отказов учитывается поправочными коэффициентами: при продолжительности технологической операции от 5 до 10 дней коэффициент равен 0,9; от 10 до 15 дней – 0,85...0,90 и свыше 15 дней – 0,80...0,85. Количество рабочих дней указывается в целых числах.

Длительность рабочего дня (графа 7) указывается в часах и устанавливается с учетом характера выполняемых работ. Она может быть равна продолжительности одной смены (7 ч), двух или трех смен (соответственно по 14, 21 ч). Общее количество часов работы одного агрегата – графа «Всего часов» (графа 8) определяется путем перемножения продолжительности рабочего дня на количество дней работы одного агрегата на данной операции.

Марка с.-х. машины и их количество (графы 9 и 10) по каждой операции указывается для той марки трактора, которому распределена данная операция. При выборе с.-х. машин в первую очередь учитывается выполнение агротехнических требований. Количество машин в агрегате должно отвечать требованиям по составлению агрегатов. При необходимости указывается сцепка. Например, состав агрегата для боронования, выполняемого трактором МТЗ-1221, должен быть записан: СГ-21А + 21БЗСС-1,0.

При составлении агрегатов необходимо согласовывать с.х. машины по ширине захвата (например, при посеве пропашных культур и последующих обработках); по производительности на последующих операциях и т.д.

Количество обслуживающего персонала, работающего на данном агрегате в одну смену, указывается в графах 11 и 12.

Удельный расход топлива (кг на 1 га, 1 т, 1 ткм) при выполнении данной операции и сменная норма выработки (графы 13 и 14) принимается на основании приложения 6.

Таблица 2

Расчет количества агрегатов с тракторами (комбайнами)

№ с.-х. операции	Наименование с.-х. операции	Объем работ		Агротехнический период выполнения работ				Состав агрегата		Обслуживающий персонал		Расход топлива	Норма выработки				Потребное количество на операцию								Объём работ в усл. эт. га
		Ед. измерения	Количество	Календарный	Кол-во рабочих дней	Длительность рабочего дня	Всего часов	Марка с.-х. машины	Количество	Механизаторов	Вспомогательных рабочих	На 1 га, т, т-км	Сменная	Часовая	Дневная	За агросрок	Тракторов	С.-х. машин	Механизаторов	Вспомогательных рабочих	Нормо-смен	Нормо-часов	Нормо-дней	Топлива, кг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Итого		–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–					

С допустимой для расчетов точностью норма выработки за смену и расход топлива могут быть определены по формулам.

Сменная производительность:

$$W_{CM} = 0{,}1 \cdot B_{AГ} \cdot V_P \cdot T \cdot \tau \text{ , га/см,}$$

где $B_{AГ}$ – ширина захвата агрегата, м;

V_P – рабочая скорость агрегата, км/ч;

T – продолжительность смены, ч.

τ – коэффициент использования времени смены (вспашка, культивация, лущение – 0,85-0,8; боронование – 0,85-0,9; посев – 0,75-0,8; уборка – 0,6-0,65).

Удельный расход топлива:

$$Q = \frac{G_ч^I}{W_{CM}} \cdot T \text{ , кг/га,}$$

где $G_ч^I$ – часовой расход топлива двигателя трактора при выполнении с.-х. операции, кг/ч;

$G_ч^I$ – на вспашке и плоскорезной обработке составляет 90…95% от часового расхода по паспортным данным;

$G_ч^I$ – на культивации, посеве и других операциях составляет 80…90% от часового расхода по паспортным данным.

Сменная норма выработки, указанная в типовых нормах, приведена из расчета 7-ми часовой рабочей смены. Часовая норма выработки (графа 15) определяется путем деления сменной нормы выработки на длительность смены равной 7 ч.

В том случае, если длительность смены отличается от 7-ми часовой, то выработка за смену пересчитывается через часовую выработку.

Дневная (графа 16) выработка определяется путем перемножения сменной выработки на количество смен или произведением длительности рабочего дня (графа 7) на часовую норму выработки (графа 15).

Выработка агрегата за агротехнический срок (графа 17) определяется путем перемножения общего количества часов (графа 8) при выполнении данной операции на часовую норму выработки (графа 15). Потребное количество тракторов (графа 18) на выполнение полного объема работ определяется как отношение объема работ по данной операции (графа 4) на выработку за агротехнический срок

(графа 17). При расчетах количество тракторов часто получается дробной величиной. В связи с этим, необходима корректировка, которая проводится округлением до ближайшего целого числа в большую сторону. Также корректировка может осуществляться за счет изменения числа дней работы агрегата в пределах установленного агротехническими требованиями календарного периода; изменением длительности рабочей смены с последующими перерасчетами.

Общее количество с.-х. машин необходимых для выполнения операции (графа 19) определяется перемножением количества с.-х. машин (графа 10) в агрегате на количество тракторов (графа 18). Потребное количество механизаторов для выполнения сельскохозяйственной операции (графа 20) определяется путем умножения количества механизаторов обслуживающих агрегат (графа 11) на количество тракторов (графа 18) и на количество смен. Количество вспомогательных рабочих определяется аналогично.

Потребное количество нормо-часов, нормо-смен и нормодней (графы 22, 23, 24) определяется путем деления общего объема работ (графа 4) соответственно на часовую, сменную и дневную нормы выработки (соответственно графы 14, 15,16).

Расход топлива на выполнение технологической операции определяется путем умножения удельного расхода топлива (графа 13) на объем работ в физических единицах (графа 4).

Объем работ в условных эталонных гектарах определяется путем умножения количества нормо-часов (графа 23) на эталонную часовую выработку трактора.

Общий объем работ на выполнение технологической операции для комбайнов (энергетических средств типа СК-5, ДОН-1500, Vector, Acros) определяется в физических гектарах. При скашивании объем работ умножается на коэффициент 0,7.

При подборе коэффициент равен 1.

После составления таблицы 2 определяется общее количество тракторов (комбайнов), необходимое для выполнения заданного объема работ. С этой целью производится построение графиков машиноиспользования (рис. 2) отдельно для каждой марки трактора или комбайна (энергетического средства).

Построение графиков проводится следующим образом: по оси абсцисс откладывается количество календарных дней по месяцам, в течение которых должен быть выполнен заданный

объем работ. По оси ординат – количество тракторов (комбайнов), необходимых для выполнения данной операции. В целях удобства пользования графиками сельскохозяйственные операции отмечаются порядковым номером, присвоенным в таблице плана механизированных работ.

Как правило, после построения графики имеют некоторое количество пиков и провалов, что свидетельствует о неравномерной загрузке тракторов, поэтому, после построения графиков проводят их анализ, а затем корректировку по минимальному количеству тракторов.

При этом используются следующие методы:

1. Перераспределение объёма работ между марками тракторов. В этом случае часть работ передаётся для выполнения тракторам другой марки, при условии соответствия агротехническим требованиям и незагруженности в этот период.

2. Изменение длительности выполнения работ в пределах агротехнических сроков.

3. Изменение длительности рабочего дня (увеличивается количество смен при наличии механизаторов). Если имеется возможность изменить длительность рабочего дня, например, при выполнении операции имеется возможность организовать работу в две (три) смены или увеличить продолжительность смены. В результате таких преобразований можно значительно сократить количество тракторов.

Все изменения по количеству тракторов на графиках должны сопровождаться соответствующими изменениями в таблице 2.

Потребное количество тракторов определяется после корректировки графиков по максимальным значениям. Результаты сводятся в таблицу 3.

Таблица 3

Состав машинно-тракторного парка

№ п/п	Наименование машины	Марка машины	Потребное количество, шт.	Выработка, га, т, ткм		Расход топлива, кг	
				общая	на 1 машину	общий	на 1 усл. эт. га
1	2	3	4	5	6	7	8

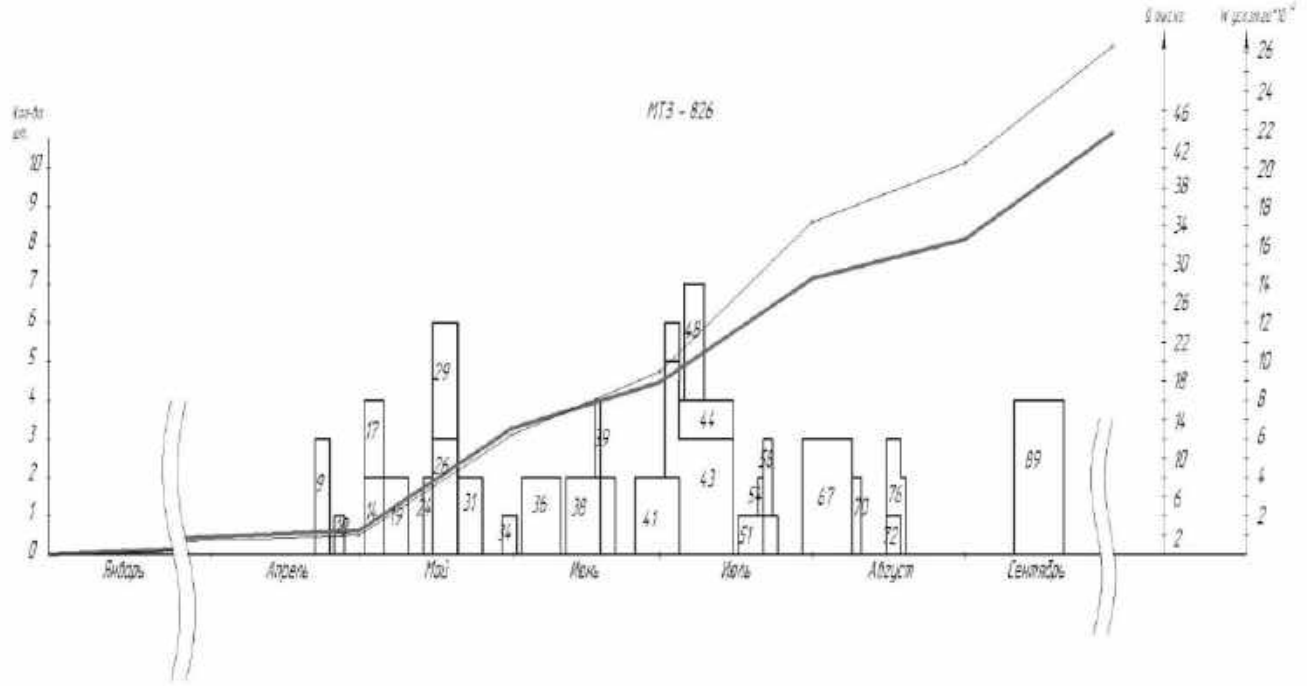


Рис. 2. График машиноиспользования

Необходимое количество с.-х. машин подсчитывается с учетом повторного их использования на одноименных операциях. Общая выработка на машины каждой марки подсчитывается путем суммирования соответствующих объемов одноименных работ. Выработка на одну машину определяется путем деления общей выработки на потребное количество машин. Число плугов для тракторов принимается по одному на трактор.

Контрольные вопросы

1. Как определяется количество рабочих дней на с.-х. операцию?
2. Как рассчитывается потребное количество тракторов на с.-х. операцию?
3. Как определяется расход топлива и объем работ в условных эталонных гектарах?
4. Какова последовательность построения графиков?
5. Какими способами производится корректировка графиков машиноиспользования?

Лабораторная работа №4
Контроль работоспособности аккумуляторных батарей и подготовка их к хранению

Цель занятия: изучить неисправности и провести техническое обслуживание аккумуляторной батареи (АБ).

Оборудование и материалы: обслуживаемая аккумуляторная батарея, стеклянная трубка, денсиметр, термометр, дистиллированная вода, нагрузочная вилка с набором резисторов, зарядное устройство для АБ.

Задание. Изучите основные неисправности АБ и основные правила их эксплуатации и технического обслуживания. При помощи необходимого инструмента определите уровень электролита, плотность, напряжение на зажимах и степень разреженности батареи. Результаты занесите в таблицу.

В процессе эксплуатации АБ следует уделять особое внимание её техническому обслуживанию (ТО), которое поможет значительно снизить негативное влияние внешних факторов и различных неисправностей на устойчивую работу АБ в течение всего нормативного срока службы.

К числу неисправностей АБ относятся повышенный саморазряд, короткое замыкание, коробление, разрушение и сульфатация пластин, трещины и истирание моноблока.

Повышенный саморазряд. При бездействии АБ происходит её естественный саморазряд, который при температуре хранения батареи 20 ± 5 °С за 28 суток не должен превышать 20% её номинальной ёмкости.

Повышенный саморазряд АБ может происходить по следующим причинам:

✓ наружная поверхность АБ покрыта грязью, влагой и электролитом, что приводит к разрядке АБ по поверхности крышек;

✓ в электролит попали вредные примеси (особенно железо и медь);

✓ замыкание пластин шламом и незначительные разрушения сепараторов.

Короткое замыкание пластин происходит непосредственно при разрушении сепараторов и соприкосновении пластин, а так же образование игольчатых наростов между кромками положительных и отрицательных пластин. Так же короткое замыкание может происходить при засоре пространства между опорными ребрами шламом.

Коробление пластин, как правило, объясняется большой силой зарядного либо разрядного тока.

Разрушение пластин происходит за счет оползания активной массы, её выкрашивания, а так же коррозии решёток пластин. Разрушение активной массы пластин и её решётки является естественным процессом, однако его ускоряет неправильный режим эксплуатации АБ – её перезаряд, особенно при высоких температурах.

Сульфатацией пластин называется образование на их поверхности и в активной массе крупных кристаллов сернокислотного свинца, которые не растворяются при заряде.

Трещины и истирание моноблока могут производиться вследствие небрежного обращения либо из-за плохого крепления АБ в автомобиле. При появлении трещин в перегородках моноблока электролит из соседних блоков сообщается между собой и эти элементы не развивают должного напряжения.

Операции по ТО АБ:

1) *Проверка внешнего вида.* Проводится с целью проверки герметичности корпуса АБ, чистоты поверхности.

Данный вид проверки аккумулятора является самым простым, но от этого не менее важным. Ведь от внешнего состояния во многом зависит работоспособность АБ. При осмотре следует обратить внимание на наличие влаги на поверхности батареи, её присутствие ведёт к саморазряду аккумулятора. Проводником электричества может являться и скопившаяся на крышке пыль, это тоже приводит к снижению заряда батареи. Влагу и пыль следует протирать с особой тщательностью в районе клемм АБ.

Особое внимание следует обратить на состояние полюсных клемм аккумулятора. Они должны быть чистыми, без всяких отложений и не иметь повреждений. Контакт с проводами должен быть надёжным, прослабленные зажимы не допускаются. Не допускаются сквозные повреждения и трещины корпуса, вытекший через них электролит приведёт к замыканию пластин и повреждению деталей автомобиля. Если у батареи есть заливные пробки, то они должны быть плотно завёрнуты в корпус.

2) *Проверка уровня электролита.*

Поддержание уровня электролита в установленных пределах является предпосылкой длительной службы батареи. В том случае, если корпус аккумулятора прозрачен, достаточно проводить визуальный осмотр батарей, на боковой поверхности которых нанесены метки максимального и минимального уровней. В норме уровень электролитного раствора должен находиться между ними.

Если корпус непрозрачен, но на нем нанесена метка максимального уровня электролита, нужно открутить пробки батарей и проверить его уровень, чтобы электролит был выше поверхности пластин не менее чем на 1 см, но не превышал максимальной отметки.

Если на корпусе не нанесены метки уровня электролита, для выполнения осмотра понадобится стеклянная трубка длиной около 10 см и диаметром 5-6 мм. Трубка вставляется в заливное отверстие батареи, пока она не упрется в предохранительную сетку, после чего верхний край трубки закрывается пальцем, трубка достается из батареи и замеряется длина столбика электролита, оставшегося в ней. Если длина столбика выше на 10-15 мм от предохранительной сетки, уровень электролита в норме. Если уровень понижен, нужно долить в батареи дистиллированную воду, в зимний

период рекомендуется повышать электролит непосредственно перед выездом либо при работающем двигателе (рис. 3).

После проверки пробку заворачивают. Так последовательно проверяют все батареи аккумулятора.

При слишком низком уровне электролита обнажаются и высыхают верхние части электродов, что приводит к потере емкости батареи. Если электроды не полностью погружены в электролит, развивается коррозия внутренних деталей батареи, что приводит не только к серьезным нарушениям ее функций, но и может быть причиной ее взрыва. При пониженном уровне электролита в батарее необходимо долить в нее дистиллированную воду.

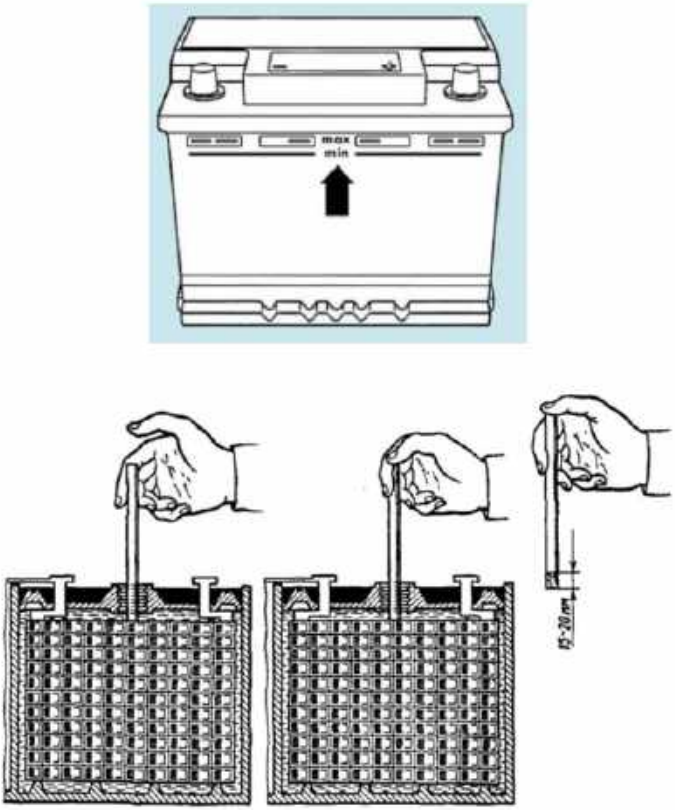


Рис. 3. Проверка уровня электролита

При слишком высоком уровне электролита возможен выход его наружу, что приводит к повреждению, например, функционально важных деталей в подкапотном пространстве. В этом случае необходимо отсосать электролит с помощью пипетки.

Коррекция уровня электролита возможна только у обслуживаемых батарей. В батареях типа AGM электролит находится в связанном сепараторами состоянии, поэтому изменять его уровень нет необходимости.

3) *Проверка плотности электролита.* Для замера плотности электролита используют денсиметр (рис. 4), а именно сжимают резиновую грушу денсиметра и погружают наконечник в электролит. Затем, отпуская грушу, засасывают внутрь денсиметра электролит до тех пор, пока не всплывет ареометр. По шкале ареометра определяют плотность электролита.

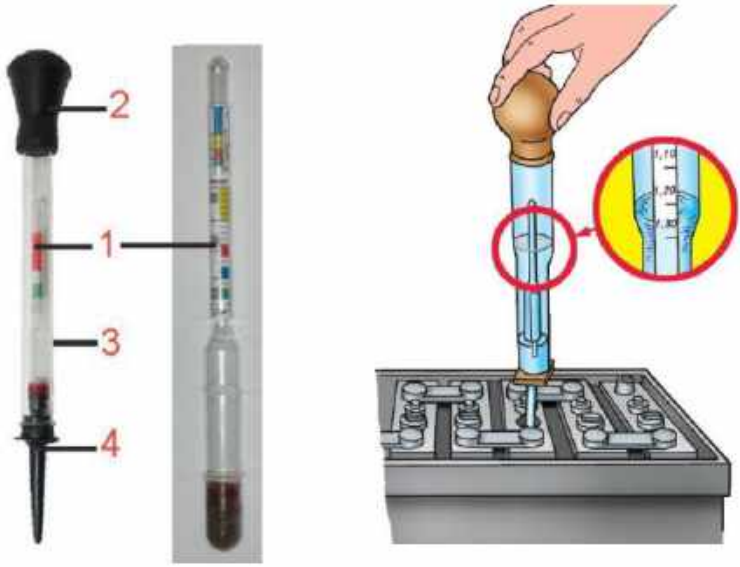


Рис. 4. Проверка плотности электролита при помощи денсиметра:
1 – ареометр; 2 – груша; 3 – пипетка; 4 – пробка с наконечником

Зная плотность электролита полностью заряженной батареи и определив плотность электролита по показаниям ареометра, можно определить степень разряженности аккумуляторной батареи. Нормальная плотность электролита при +15°С зависит от температуры эксплуатации АКБ (приложение 1). При измерении плотности электролита необходимо измерить температуру электролита батареи. Если температура электролита выше или ниже +15°С, следует привести плотность электролита в батарее к +15°С. Для приведения значения плотности к температуре +15°С следует пользоваться следующей формулой:

$$\rho_{15} = \rho_t + (t - 15) \cdot j, \qquad (1)$$

где $j = 0{,}0007$.

Если плотность электролита в банках отличается более чем на 0,01 г/см^3,то её следует выровнять путём долива электролита плотностью 1,4 г/см^3, либо дистиллированную воду. Доливать электролит плотностью 1,4 г/см^3 можно только в том случае, когда батарея полностью заряжена. По плотности электролита в АБ можно судить о степени её заряженности.

При измерении плотности электролита после доливки в него воды или после пуска двигателя стартером батарею необходимо подвергнуть непродолжительному заряду небольшим током или дать ей постоять 1-2 ч., для того чтобы плотность электролита во всех банках аккумулятора выровнялась.

4) *Проверка напряжённости батареи.* Выполняется с помощью нагрузочной вилки (рис.5).

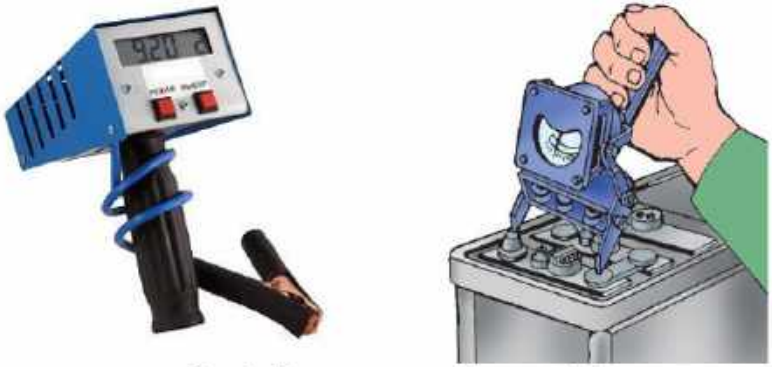


Рис. 5. Проверка напряжённости АБ
при помощи нагрузочной вилки

Проверка нагрузочной вилкой даёт возможность оценить состояние АБ в режиме её разряда, соответствующего пуску горячего двигателя. Для этого нагрузочная вилка снабжена набором резисторов и вольтметром. В зависимости от ёмкости батареи включается необходимая величина нагрузочного резистора гайками. Напряжение АБ проверяется в двух режимах: на холостом ходу при отключении бортовой сети и с имитацией включения АБ в бортовую сеть автомобиля. При этом для холостого режима проверки нормальное значение напряжения составляет 12,6 В, а при работе с нагрузкой – 9,6 В

5) Зарядка АБ. Осуществляется с помощью различных устройств (выпрямителей тока или силовых подзарядных агрегатов постоянного тока). Батареи можно заряжать при постоянной силе тока (аккумуляторы соединяются между собой последовательно) или постоянным напряжением (аккумуляторы соединяются между собой параллельно).

Для подзаряда АБ необходимо:

- Присоединить положительный вывод батареи к положительному полюсу источника тока, а отрицательный к отрицательному.

- Включить батарею на подзаряд, если температура в ней не выше +30°С в холодной и умеренной зонах и не выше +35°С в жаркой и тёплой зонах. При температуре электролита в аккумуляторах выше указанной – батарее следует дать остыть.

- Ток подзаряда численно должен составлять 1/10 емкости батареи.

- Подзаряд батареи ведётся до тех пор, пока не наступит обильное газовыделение во всех банках АБ, а напряжение и плотность электролита будут оставаться постоянными в течение двух часов.

- Во время подзаряда периодически проверять температуру электролита и следить затем, чтобы она не поднималась выше +45°С в холодной и умеренной климатических зонах и выше 40°С в жаркой и тёплой влажной зонах. Если температура электролита окажется выше указанных значений, следует уменьшить зарядный ток наполовину или прервать подзаряд на некоторое время для снижения температуры электролита до 30-35°С.

- В конце подзаряда, если плотность электролита, замеренная денсиметром с учётом температурной поправки, будет отличаться

от нормы, производят корректировку плотности электролита доливкой дистиллированной воды или электролита плотностью 1,4 г/см^3.

6) *Уход за аккумуляторной батареей*. Срок службы батареи в эксплуатации гарантируется при соблюдении правил ухода за ней и исправности электрооборудования автомобиля. Поэтому при обслуживании автомобиля необходимо очищать батарею от пыли и грязи. Электролит, пролитый на поверхность батареи, вытирать чистой ветошью смоченной в растворе нашатырного спирта или кальцинированной соды. Уход за электрооборудованием двигателя включает в себя уход за аккумуляторной батареей и зарядным генератором. Уход за аккумуляторной батареей, находящейся в эксплуатации, заключается в выполнении следующих основных правил:

- Не допускать механических повреждений при переноске и установке батареи, коротких замыканий выводных зажимов и межэлементных соединений, а также выплескивания электролита из аккумуляторов. Аккумуляторную батарею при установке на агрегат необходимо надежно закреплять, чтобы она не перемещалась при передвижении агрегата.

- Провода, соединяющие батарею, должны быть исправны. Присоединив подводящие провода к зажимам батареи, прочно затянуть болты, чтобы обеспечить надежный электрический контакт.

При этом необходимо проверять:

- полярность зажимов (по их обозначению);
- правильность подключения батареи (по показаниям амперметра, который при включении освещения должен показывать разряд).

- При каждом техническом обслуживании агрегата необходимо проверять надежность соединения наконечников проводов с выводными зажимами батареи. Зажимы батареи после подключения (затяжки) наконечников проводов должны быть смазаны (слой смазки не более 0,5 мм) техническим вазелином или смазкой.

- При установке АБ на агрегат и снятии ее с агрегата, при ремонте электрооборудования, а также после окончания работы агрегата обязательно выключать выключатель батареи.

- Во время эксплуатации батарею содержать в чистоте на ее поверхности не должно быть влаги, грязи, масла, бензина и дизельного топлива.

- Необходимо периодически восстанавливать уровень электролита в аккумуляторах батареи, доливая в них дистиллированную воду. При эксплуатации батареи в агрегате уровень электролита в аккумуляторах проверять не реже одного раза в 10-15 дней. При определении срока проверки уровня электролита необходимо учитывать, что при окружающей температуре +30°С и выше вследствие испарения воды уровень электролита в батареях понижается примерно на 1 мм в сутки.

- Батареи, снятые с машин после длительной эксплуатации рекомендуется подвергнуть тренировочному циклу – заряд – разряд – заряд.

Тренировочный цикл состоит из полного заряда батарей, но без корректировки плотности электролита в конце заряда, и тренировочного разряда при температуре 25±5°С десятичного режима.

- Регулярно через 30-35 дней снимать с агрегата АБ и отправлять на зарядную станцию независимо от степени ее разреженности для проведения более тщательной и полной зарядки.

Таблица 4

Результаты проверки технического состояния аккумуляторной батареи _____ (обозначение)

Показатель технического состояния АБ	Номера аккумуляторов						Нормативное значение
	1	2	3	4	5	6	
1. Уровень электролита, мм							
2. Плотность электролита, г/см^3							
3. Плотность электролита, приведенная к 15 °С, г/см^3							
4. Степень разреженности батареи, %							

Контрольные вопросы

1. Каковы основные неисправности АБ?
2. Каким образом определить уровень и плотность электролита АБ?
3. Каким образом осуществляется подзарядка АБ?
4. Основные правила ухода за АБ.

Лабораторная работа №5
Проверка и регулировка осветительных приборов автомобиля

Цель занятия: изучить методы проверки и правильности установки фар автомобиля.

Оборудование и материалы: автомобиль, прибор НОВАТОР, рулетка или складной метр.

Задание. Изучить методы проверки и правильности установки фар автомобиля при помощи прибора НОВАТОР и экрана.

Основные требования к фарам ближнего и дальнего света.

Форма, цвет и размер фар должны быть одинаковыми, а расположение – симметричным.

В фарах должны применяться источники света того класса, который соответствует установленному изготовителем в эксплуатационной документации типу светового модуля.

Не допускается использование в фарах транспортных средств источников света, не имеющих знака официального утверждения, либо с несоответствующими классу источника света цоколя, мощности, цветовой температуры а также переходников с цоколя источника света одного класса на другой при установке этого источника света в световой модуль.

Фары типа DR, DC, DCR – фары с газоразрядными источниками света класса D дальнего DR-света и ближнего DC-света и двухрежимные (ближнего и дальнего) DCR-света.

Фары типа HR, HC, HCR – фары с галогенными источниками света класса H дальнего HR-света и ближнего HC-света и двухрежимные (ближнего и дальнего) HCR-света.

Фары типа R, C, CR – фары с источниками света в виде ламп накаливания класса 0 дальнего R-света и ближнего C-света и двухрежимные (ближнего и дальнего) CR-света.

Фары типа B и типа F3 – фары противотуманные.

Не допускается отсутствие или неработоспособность предусмотренных конструкцией транспортного средства либо установленных при внесении изменений в конструкцию транспортного средства устройства фароочистки и автоматического корректора угла наклона фар.

В соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 48 устройствами фарочистки комплектуются фары ближнего света, имеющие номинальный световой поток более 2000 люмен. Автоматическим корректирующим устройством регулировки угла наклона фар комплектуются фары ближнего света с источниками света класса LED, а также фары ближнего света и противотуманные фары с источниками света других классов, имеющие номинальный световой поток более 2000 люмен.

Сила света каждой из фар в режиме «ближний свет», измеренная в вертикальной плоскости, проходящей через ось отсчета, должна быть не более 750 кд в направлении 34′ вверх от положения левой части светотеневой границы и не менее 1600 кд в направлении 52′ вниз от положения левой части светотеневой границы.

Проверку силы света фар в режиме «ближний свет» проводят после регулировки положения светового пучка ближнего света.

Максимальная сила света всех фар, которые могут быть включены одновременно в режиме «дальний свет», не должна превышать 300 000 кд.

Силу света фар типов R, HR, DR измеряют в направлении оптической оси фары после проведения регулировки.

Фары типов R, HR, DR должны быть отрегулированы так, чтобы центр светового пучка лежал на оси отсчета фары.

При проверке правильности установки автомобильных фар необходимо соблюдать следующие условия:

- расположение автомобиля на ровной горизонтальной площадке (участке дороги);
- нормальное давление в шинах;
- исправность рессор и амортизаторов;
- грузовые автомобили – без груза, а в легковых автомобилях за рулем шофер.

Проверка фар прибором НОВАТОР.

Прибор НОВАТОР является передвижным оптическим прибором, стоящим из тележки, на которую смонтирована колонна. На колонну установлена оптическая камера прибора и ориентирующее устройство.

Проверку фар прибором НОВАТОР производить в следующей последовательности:

Установить прибор перед правой фарой на расстоянии 25-30 см так, чтобы оптические оси прибора и фары совпадали приблизительно. Для этого перемещают в вертикальной плоскости оптическую камеру прибора по колонне до совпадения оптических осей.

Установить оптическую камеру прибора параллельно передней части кузова автомобиля. Для этого балку ориентирующего приспособления установить параллельно кузову автомобиля (увидеть на балке две симметричные точки кузова автомобиля и повернуть балку так, чтобы она была параллельна с точками кузова). Повернуть оптическую камеру так, чтобы край оптической камеры был параллелен балке.

Установить параметр *X*. Параметр *X* находиться по справочным данным или по формуле:

$$X = H \cdot k$$

где *H* – высота центра рассеивания фары над уровнем пола, мм.

K=0,026 – постоянная прибора.

После определения параметра *X* его устанавливают, вращая поворотную рукоятку, расположенную на оптической камере.

После установки прибора включают ближний свет фар, и смотрят в окно, расположенное сверху оптической камеры, на экран. При правильной регулировке ближнего света фары граница светового пятна должна совпадать с ломаной линией на экране (рис. 6.). При несовпадении границы светового пятна с разметкой на экране необходимо провести регулировку фары.

После проверки ближнего света фары производится проверка дальнего света фары. Для этого включают дальний свет и так же смотрят на экран прибора. При правильной регулировке центр святого пятна должен совпадать с отверстием, расположенным в центре экрана.



Рис. 6. Правильное положение светового пятна при регулировке фар прибором НОВАТОР

Для проверки силы света фары кабель питания подключить к прибору и к источнику тока (6-24В) например, аккумуляторная батарея автомобиля. Включить ближний свет фары и нажать клавишу, расположенную на верхней части оптической камеры. При достаточной силе света фары (сила света в теневом поле на расстоянии 25 м меньше 1 лк) загорится лампочка, указывающая на ближний свет. Для проверки силы дальнего света фары отжать клавишу и при достаточной силе света фары (сила света в центре дальнего света на расстоянии 25 м больше 16 лк) загорится лампочка, указывающая на дальний свет.

После проверки правой фары автомобиля аналогичным образом проверяется левая фара автомобиля.

Проверка фар с помощью экрана.

Для проверки фар с помощью экрана необходимо:

- Установить ненагруженный автомобиль на расстояние согласно данным руководства по эксплуатации (для ВАЗ-2110 – 5 м) перед затемненной стороной или экраном так, чтобы предельная ось автомобиля совпала со средней вертикальной линией экрана.

- Провести разметку на стене или экране согласно руководству по эксплуатации (рис. 7).

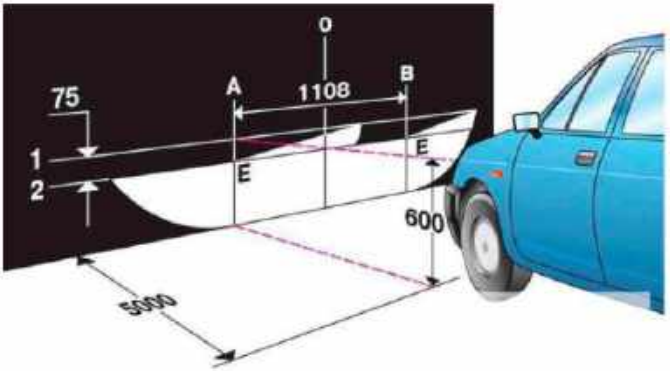


Рис. 7. Схема разметки экрана и установки автомобиля ВАЗ-2110 для регулирования фар

- Проверить правильность присоединения проводов к фарам и одновременность загорания нитей дальнего и ближнего света.

- Включить ближний свет и проверить поочередно каждую из фар по расположению на стене (экране) световых пятен. Пятна должны быть одинаковой яркости.

- Если полученные данные не соответствуют данным технической характеристики, то следует провести регулировку установки фар.

Контрольные вопросы

1. Порядок подготовки прибора НОВАТОР к проверке?
2. Как проверить расположение светового пятна с помощью прибора НОВАТОР?
3. Как проверить силу света с помощью прибора НОВАТОР?
4. Каковы особенности проверки фар с помощью экрана?

Лабораторная работа №6
Проверка углов установки управляемых колес

Цель занятия: изучить методики измерения углов установки управляемых колес автомобиля и трактора.

Оборудование и материалы: линейки для схождения колес.

Задание. Определите соотношение углов поворота управляемых колес, схождение, угол развала, углы поперечного и продольного наклона шкворня.

Проверка схождения передних колес.

Схождение колес практически определяется разностью расстояний между боковыми поверхностями шин. Проверку схождения колес производят с помощью линейки *1* (модель 2182), состоящей из тонкостенных телескопических труб *3* и *8* (рис. 8) на ненагруженном автомобиле, положение колес которого должно соответствовать движению по прямой.

Линейку раздвигают настолько, чтобы ее длина несколько превышала расстояние между шинами, затем устанавливают перед передней осью между колесами автомобиля в горизонтальном положении так, чтобы упоры *2* касались краев ободьев или боковин покрышек, а концы цепочек *6* – пола. Шкалу линейки передвигают до совмещения указателя *4* с нулевым делением и закрепляют винтом *5*. После этого автомобиль перекатывают вперед, пока линейка не займет симметричное положение позади передней оси. При этом под усилием пружины *7*, которая находится внутри линейки, ее подвижная труба передвинется и указатель покажет на шкале величину схождения колес в миллиметрах. Если его

величина не соответствует норме, то схождение регулируют изменением длины поперечной рулевой тяги.

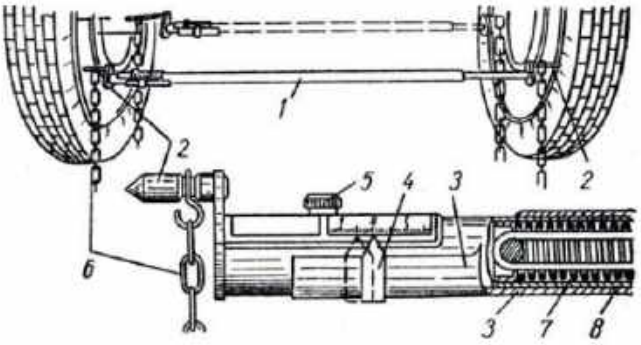


Рис. 8. Проверка схождения колес при помощи линейки

Для проверки развала колес и углов наклона шкворня (продольного и поперечного) служит специальный прибор (рис. 9).

На тыльной стороне ватерпаса расположены два взаимноперпендикулярных уровня, служащие для его первоначальной установки, а на передней стороне - поперечный уровень со шкалой поперечного наклона шкворня *7* и продольный уровень *8* с двумя шкалами: для замера продольного наклона шкворня и для замера развала колеса.

На тыльной стороне ватерпаса расположены два взаимноперпендикулярных уровня, служащие для его первоначальной установки, а на передней стороне – поперечный уровень со шкалой поперечного наклона шкворня *7* и продольный уровень *8* с двумя шкалами: для замера продольного наклона шкворня и для замера развала колеса.

Проверка угла развала.

Для измерения угла развала передние колеса приводят в положение, соответствующее прямолинейному движению автомобиля, и с помощью зажима *3* и винтов *4* устанавливают прибор на ступице нижней стороной вверх так, чтобы пузырьки установочных уровней, расположенных в нижней части прибора, заняли место в центре между рисками. Затем перекатывают автомобиль на пол оборота колеса и добиваются установки пузырька уровня со шкалой *7* против нулевого деления. В этом положении по шкале *1* определяют угол развала колес.

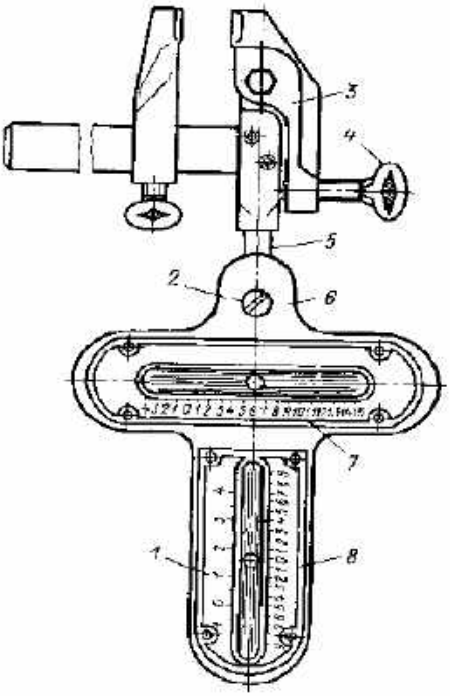


Рис. 9. Прибор для проверки развала колес и углов установки шкворней:
1 – шкала развала колес; 2 и 4 – винты; 3 – зажим;
5 – стойка; 6 – корпус; 7 – шкала поперечного наклона шкворня;
8 – шкала продольного наклона шкворня.

Переставив ватерпас на другое колесо, в такой же последовательности проверяют угол его развала.

Проверка углов поперечного и продольного наклона шкворня.

Углы наклона шкворня с помощью указанного прибора измеряют на основании геометрических соотношений углов в зависимости от поворота колеса на 40°. Для замера углов наклона шкворня колеса ставят на поворотные диски *1* и *2* (рис. 10) в положение, соответствующее прямолинейному движению.

Основания (ящики) *3* прибора устанавливают по центру у правого и левого колес так, чтобы удлинители *7* указателей *6* плотно прилегали к шинам ниже ступиц и стрелки *5* указателей стали против нулевых делений шкал *4*.

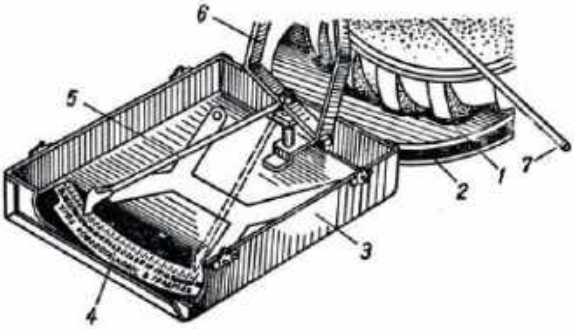


Рис. 10. Проверка углов поперечного и продольного наклона шкворня

Затем, затормозив автомобиль, поворачивают колеса влево на 20° по шкале основания правого колеса. Ватерпас прибора закрепляют на гайке крепления диска правого колеса так, чтобы кромка его корпуса была параллельна колесу, а пузырьки уровней шкал продольного *8* и поперечного *7* наклона шкворня стали на нулевые деления (рис. 9). После этого колеса поворачивают вправо на 40° по указателю шкалы правого колеса и по положению пузырьков относительно шкал *7* и *8* определяют углы наклона шкворня правого колеса. Аналогично определяют углы наклона шкворня левого колеса.

Проверка соотношения углов поворота управляемых колес. При том же креплении ватерпаса установить передние колеса в положение, соответствующее движению по прямой. Установить измерители углов поворота к колесам так, чтобы их стержни прилегали к шинам колес ниже ступиц, а стрелки указателей находились против нулевых делений шкал. Повернуть колеса на 20° по показателю шкалы левого (правого) колеса и определить по шкале указателя правого колеса угол его поворота влево. Угол поворота наружного колеса будет выражать соотношение поворота колес автомобиля.

Контрольные вопросы

1. Как проверить схождение колес при помощи линейки?
2. Какова последовательность измерения угла развала?
3. Какова последовательность измерения продольного и поперечных углов?
4. Как определяется соотношение углов поворота управляемых колес?

Приложения

Приложение 1

Кинематические характеристики тракторов и сельскохозяйственных машин

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Марка	Кинематическая длина, м
1	2	3	2	3
Тракторы	К-701	3,20	К-744 Р	3,5
	К-744 Р1, Р2, Р3	3,7	МТЗ-592	1,95
	МТЗ-552	1,95	МТЗ-952	1,95
	МТЗ-900	1,95	МТЗ-1221	2,57
	МТЗ-1025	2,1	МТЗ-1523	2,35
	Т-25А	0,85	ЛТЗ-55	1,2
	Т-45А	1,1	Т-151К	2,8
	ЛТЗ-155	2,6	ХТЗ-17421	3,0
	ХТЗ-150К	2,8	ХТЗ-150-05	2,5
	ХТЗ-150-03	2,5	ВТ-100Д	2,6
	ДТ-75Н	2,2	Т-70СМ	1,7
	ВТ-150	2,7	Т-4А-01	2,3
Плуги	ПТК-9-35	3,600	ПЛП-6-35	2,570
	ПЛН-5-35	2,050	ПЛ-5-35	2,500
	ПЛН-4-35	1,780	ПН-4-40	1,980
	ПЛН-3-35	1,420		
Глубокорыхлители	КПГ-250	1,76	КПГ-2-150	1,73
	КПГ-2.2	4,35		
Лущильники дисковые	ЛДГ-20	21,67	ЛДГ-15	10,42
	ЛДГ-10	7,40	ЛДГ-5	4,30
Лущильники лемешные	ППЛ-10-25	6,40	ППЛ-5-25	2,88
Бороны	БДН-3.0	1,90	БДН-10	11,8
	БДТ-7.0	4,38		
	БЗТС-1.0	1,35	БЗСС-1.0	1,35
	БИГ-3А	3,50		
Катки	ЗККШ-6А	7,80	СКГ-2.0	3,30
Культиваторы	КПС-4	2,67	КПЭ-3.8А	3,92
	КПШ-9	7,30	КПШ-5	1,93
	КПУ-400	1,55	КРН-4.2	1,67
	КРН-5.6	2,10	КПГ-250	1,76
	КПГ-2.2	4,35	КПГ-2-150	1,73
Сцепки	СП-16	5,0	СП-11У	4,5
	СП-11	7,54	СГ-21	5,6
	СН-75	3,3		

Приложение 2

Кинематические характеристики посевных машин и разбрасывателей удобрений

Наименование машин	Марка	Кинематическая длина, м	Вместимость бункера, $дм^3$
Сеялки	СЗ-3.6	3,50	690
	СЗП-3.6	3,98	690
	СЗТ-3.6	3,70	690
	СЗП-12	9,50	2223
	СЗП-8	7,40	1482
	СЗС-2.1	3,90	540
	СЗС-6	4,50	825
	СПЧ-6	5,20	240
	СУПН-8	5,70	260
	1-РМГ-4	5,25	-
	РУМ-8	5,99	-
	РМС-6	5,40	-
	РУМ-5	5,50	-
Разбрасыватели органических удобрений	ПРТ-16	5,95	-

Приложение 3

Радиусы поворотов тракторов

Марка трактора	Радиус поворота, м	Марка трактора	Радиус поворота, м
1	2	1	2
К-701	7,2	Т-402.01	1,7
К-744 Р	7,2	ДТ-75Н	2,5
К-744 Р1	7,9	Т-30-69	3,7
К-744 Р2	7,9	Т-45А	4,5
К-744 Р3	7,8	ЛТЗ-55	2,8
МТЗ-552	4,1	ЛТЗ-155	4,5
МТЗ-592	4,1	Т-151К	6,5
МТЗ-900	4,1	ХТЗ-150К	6,5
МТЗ-952	4,1	ХТЗ-17421	6,6
МТЗ-1025	4,1	ХТЗ-150-03	2,35
МТЗ-1221	5,3	ХТЗ-150-05	2,35
МТЗ-1523	5,5	ВТ-100Д	3,2
МТЗ-82.1	4,2	ВТ-150	3,2
Т-4А-01	1,7	Т-70СМ	2,5

Приложение 4

Примерные затраты времени
на проведение ежесменных технических обслуживаний

Наименование машины	Марка машины	Время, ч
1	2	3
Тракторы	К-701	0,88
	К-744 Р	0,91
	К-744 Р2	0,91
	К-744 Р3	0,93
	МТЗ-552	0,76
	МТЗ-592	0,76
	МТЗ-900	0,78
	МТЗ-952	0,78
	МТЗ-1025	0,82
	МТЗ-1221	0,83
	МТЗ-1523	0,87
	МТЗ-82.1	0,57
	ЛТЗ-55	0,65
	ЛТЗ-155	0,78
	Т-151К	0,93
	ХТЗ-150К	0,93
	ХТЗ-17421	0,9
	ХТЗ-150-03	0,69
	ХТЗ-150-05	0,69
	ДТ-75Н	0,67
	ВТ-100Д	0,72
	ВТ-150	0,75
	Т-4А-01	0,76
	Т-402.01	0,76
Плуги	ПН-3-40, ПНЯ-2-50	0,12
	ПН-4-35	0,12
	ПЛН-5-35	0,12
	ППН-50, ПВН-3-35, ПТК-9-35	0,12
Глубокорыхлитель навесной	РН-80Б	0,20
Лущильник дисковый	ЛДГ-10, ЛДГ-15	0,20
Лущильник лемешный	ППЛ-5-25	0,10
Борона	БДН-3	0,10
	БДТ-3	0,10
	БДСТ-2,5	0,10
	БИГ-3	0,10
Каток кольчато-шпоровый	3ККШ-6, 3КК-6	0,10

Продолжение приложения 4

1	2	3
Культиватор	КПС-4, 4КУ-4	0,25
	КРН-4,2, КФ-5,4	0,50
	КРН-28А, КРН-,8МО	0,10
	КРН-5,6	0,36
	КРШ-8,1	-
	КРХ-5,4	0,22
Плоскорез-глубокорыхлитель	КПГ-250	0,10
Сеялка зерновая	СЗ-3,6, СЗУ-3,6	0,15
	СЗА-3,6, СЗТ-3,6, СЗС-2,1	0,15
	СЗП-24	0,40
Сеялка свекловичная	ССТ-12А	0,25
	ССТ-18А	0,25
Сеялка кукурузная	СКНК-8	0,40
	СБК-4	0,25
	СКТН-6А	0,25
Сеялка универсальная	СПЧ-6М	0,25
Картофелесажалка	СКС-4, СН-4Б	-
Опрыскиватель	СН-400	0,30
	ОП-1600, ОВТ-1	0,30
	ПОЧ, ОЗГ-120	0,30
	ОВХ-14	0,30
Косилка тракторная	-	0,10
Жатка	ЖВН-6, ЖНС-6-12	0,20
Жатка рядковая	-	0,50
Грабли тракторные	-	0,13
Пресс-подборщик	ППВ-1,6, ПСБ-1,6	0,65
Подборщик-копнитель	ПКС-2М	0,32
Картофелекопатель	КТН-2Б	0,30
	Z-609/02	0,20
Машина для внесения органических удобрений	РОУ-5	0,55
	ПРТ-10	0,30
	ПРТ-16	0,38
Машина для внесения жидких органических удобрений	РЖТ-4	0,23
	РЖТ-8	0,30
	РЖТ-16	0,30
Картофелекопатель	УКВ-2	0,40
	КСТ-1,4	0,30

Приложение 5

Примерная продолжительность остановки
для технологического обслуживания

Наименование операции	Продолжительность остановки, ч
Вспашка	0,01
Боронование	0,04
Сплошная культивация	0,03
Междурядная обработка	0,03
Лущение	0,02
Кошение зерновых в валки	0,04
Подбор и обмолот, прямое комбайнирование	0,08
Уборка силосных культур	0,02

Приложение 6
Таблица П. 6.1

Примерные нормы выработки и расхода топлива
на основные полевые работы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Количество СХМ	Сменная норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Снегозадержание	К-701	СВУ-2,6	2	130,2	1,2
	К-700	СВУ-2,6	2	107,8	1,1
	Т-4А	СВУ-2,6	2	94,5	1,2
	Т-150	СВУ-2,6	1	70	1,1
	ДТ-75М	СВУ-2,6	1	65,1	1,2
Лущение стерни и дискование	К-744	БДТ-6,6	1	28,0	9,0
		ЛДГ-15	1	62,0	3,8
	К-701	ЛДГ-20	1	84,3	3,3
		БД-10	1	48,4	5,5
		БДТ-7,0	1	37,0	7,2
		БДТ-720	1	23,6	7,1
	К-700А	ЛДГ-20	1	75,9	2,9
		БД-10	1	46,5	4,5
		БДТ-7,0	1	34,4	6,3
	Т-150К Т-150	ЛДГ-15	1	74,0	2,3
		ЛДГ-10	1	54,2	2,5
		БДТ-7	1	23,1	5,3
	Т-4А	ЛДГ-15	1	58,3	2,5
		БД-10	1	41,1	3,8
		БДТ-7,0	1	31,8	4,6
		ЛДГ-10	1	45,8	1,7

Продолжение табл. П. 6.1

1	2	3	4	5	6
	ДТ-75М	ЛДГ-10	1	40,8	2,7
		БД-4,1	1	19,9	4,8
		БДТ-2,5	1	13,0	7,3
	МТЗ-1221	ЛДГ-10	1	44,1	4,5
	МТЗ-82.1	ЛДГ-5	1	27,0	3,1
	ВТ-200Д	БДТ-7,0	1	36,75	5,83
	ВТ-150	ЛДГ-10	1	51,45	2,9
Вспашка	К-3180	ПРУН-5-45	1	8,12	20,58
	К-744Р, Р1, Р2, Р3	ПБС-7/9.9	1	22,68	12,59
		ПН-8-35	1	10,3	23
		ПРУН-8-45	1	18,7	12,1
	К-701	ПРУН-8-45	1	17,4	12,0
		ПТК-9-35	1	11,5	27,0
	К-700А	ПН-8-35	1	7,4	30,2
		Lemken Vari Diamant 9X	1	15,7	15,3
	Т-150К	ПРУН-5-45	1	8,3	20,1
		ПЛН-5-35	1	8,2	24,3
	ВТ-200Д	ПБС-7/9.9	1	22,68	9,44
	ВТ-150	ПЛН-4-35	1	8,4	18,7
		ПЛН-5-40	1	6,4	16,4
	ДТ-75М	П-5-35	1	6,3	17,7
		ПН-4-35	1	4,9	23,0
	МТЗ-1221	ПЛН-5-35	1	7,9	21,6
		ПРУН-5-45	1	9,5	12,0
	МТЗ-82.1	ПЛН-3-35	1	3,2	29,1
	Т-4А	ПП-6-35	1	7,2	21,3
Боронование	К-701	БИГ-3	5	78,3	3,3
	К-700А	БИГ-3	5	78,3	2,9
	Т-150	БЗСС-1,0	21	99,3	1,2
		БЗТС-1,0	21	99,3	1,5
		БИГ-3	4	63,8	2,5
	ВТ-100	БЗСС-1,0	21	71,0	1,33
	Т-4А	ЗБЗС-1,0	18×2	62,7	1,9
	ДТ-75М	ЗБЗС-1,0	24	85,4	1,1
		БЗТС-1,0	21	78,0	1,3
		БЗСС-1,0	21	85,0	1,1
	МТЗ-1221	БЗСС-1,0	18	75,5	2,0
	МТЗ-82.1	БЗТС-1,0	12	52,0	1,7
		БЗСС-1,0	16	73,6	1,2
			12	62,9	1,3

Продолжение табл. П. 6.1

1	2	3	4	5	6
Культивация	К-744	КПС-4	4	82,0	4,3
	К-701	КПС-4	4	74,7	3,9
	К-700А	КПС-4	4	68,4	3,0
			3	55,0	3,5
	ХТЗ-16131	КШУ-12	1	68,9	2,1
		Pegasus 4002	1	18,9	8,56
		ККШ-11,3	1	52,43	3,09
		КПИР-6,8	1	31,64	5,12
	Т-150К и Т-150	КПС-4	3	55,0	2,9
		КПС-4	2	39,1	3,1
	ВТ-150	КПС-4	2	44,4	3,2
	ВТ-100	КШУ-12	1	50,4	2,2
		КПС-4	2	39,5	3,7
		ОП-8	1	36,8	3,2
	Т-4А	КПС-4	4	58,0	2,3
			3	50,2	2,7
	ДТ-75М	КПС-4	2	34,2	2,9
	МТЗ-2022	КШУ-12	1	57,5	2,4
	МТЗ-1221	КПС-4	2	36,5	3,8
		ОПО-4,25	1	16,8	11,7
	К-3180	Pegasus 4002	1	18,9	8,78
		КПИР-6,8	1	31,64	5,25
		ККШ-11,3	1	52,43	3,4
	МТЗ-82.1	КПГ-4	1	20,1	4,2
		КПС-4	1	22,4	4,0
		КПН-4Г	1	17,2	4,6
Посев кукурузы, подсолнечника	МТЗ-82.1	СКНК-8	1	16,0	2,4
		СПЧ-6	1	11,0	3,3
		СУПН-8	1	17,4	3,0
	Т-150К	СКПП-12	1	31,5	2,7
	ДТ-75М	СПЧ-6М	3	27,8	2,3
Посев зерновых	К-744	ЭРА-П-10	1	44,1	6,48
		ПК-8,5	1	45,0	8,0
	К-701	СЗ-3,6	4	41,5	4,1
	К-700А	СЗ-3,6	4	34,0	3,1
			3	30,0	3,3
		СЗП-3,6	4	33,0	3,5
			3	29,0	3,7
	ВТ-150	СЗП-3,6	3	50,4	2,0
			4	71,2	1,6
	ВТ-100	СЗП-3,6	3	46,2	2,3
			4	57,2	1,7

Окончание табл. П. 6.1

1	2	3	4	5	6
Посев зерновых	Т-4А	СЗ-3,6	4	32,0	2,3
			3	28,0	2,6
		СЗП-3,6	4	29,5	2,7
			3	27	2,9
	Т-150К и Т-150, ХТЗ-150К-09	АУП-18	2	34,2	3,5
		СЗ-3,6	4	34	3,0
			3	30,5	3,0
		СЗП-3,6	4	31,5	3,3
			3	29,0	2,2
		DMC-601	1	19,6	7,1
	ДТ-75М	СЗ-3,6	4	28,0	2,5
			3	26,0	2,7
		СЗП-3,6	3	23,5	3,2
			2	19,5	2,7
	МТЗ-1221	АУП-18.05	1	21	9,3
		СС-6,0А	1	18,4	4,8
	МТЗ-82	СПУ-6	1	19,5	3,4
	JD 7810	DMC-601	1	26,46	6,75
	ХТЗ-16131	DMC-601	1	26,46	6,12
	К-3180	DMC-601	1	26,46	6,25
	ВТ-200Д	ЭРА-П-10	1	44,1	4,86
Прикатывание почвы	Т-150К	ЗККШ-6А	3÷2	111,3	1,2
			2÷3	93,3	1,3
	МТЗ-1221	ЗКК-3,0	6	80,0	2,1
	МТЗ-82.1	ЗККШ-6А	2÷1	71,0	1,2
			2	61,5	1,5
		ЗКВГ-1,4	2	36,6	2,4
	ДТ-75М	ЗККШ-6А	3	76,9	1,2
			2	60,4	1,6
		ККН-2,8	6	79,9	1,2
			5	76,7	1,3
		ЗКББ-1,5	3	56,3	1,8
			2	47,7	2,2
		ЗКВГ-1,4	3	51,5	1,9
			2	42,8	2,3
			2	58,4	1,2
			1	32,6	1,4
		ККН-2,8	5	58,6	1,1
			4	57,7	1,2
		СКГ-2	1	29,9	2,2
Междурядная обработка	МТЗ-82.1	КРН-5,6	1	24,9	2,4

Таблица П.6.2

Примерные нормы выработки и расхода топлива на погрузка зерна

Марка трактора	Марка погрузчика	Производитель-ность, т/ч	Удельный расход топлива, кг/т
МТЗ-1221	ПЗН-200	200	0,03
МТЗ-82.1	ПЗП-150	150	0,03
	ЗН-200/2	100	0,02
	ПТШ-150	150	0,03
Нет	ПЗП-10(40)	10(40)	-
Нет	ПЗ-100	130	-
Нет	ППЗ-11	11	-
Нет	ПШП-4(7)	4(7)	-

Таблица П.6.3

Примерные нормы выработки и расхода топлива на заготовку кормов

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Урожай-ность, т/га	Норма выра-ботки, га	Расход топ-лива, кг/га
1	2	3	4	5	6
Кошение трав	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КРН-2,1	2,5-5,0	10,8	4,1
			>5,0	10,5	4,1
		КТП-6	2,5-3,0	16,8	2,5
			>3,5	15,0	2,8
		КС-2,1	2,5-3,0	7,6	5,2
			>3,5	6,9	5,5
		КПИ-2,4	2,5-5,0	7,3	9,0
			5,0-10,0	5,8	10,7
			10,0-15,0	4,5	13,1
			15,0-20,0	3,5	16,1
			>22	2,8	19,2
		КИР-1,5Б	до 5,0	5,1	12,0
			5,0-10,0	4,8	12,5
			15,0-25,0	3,5	16,0
			30,0-40,0	2,0	27,0
		КС-1,8	2,5-5,0	6,3	8,8
			5,0-10,0	5,4	10,1
			10,0-20,0	4,0	12,1
			>22,0	3,4	13,6
		КСК-100	до 10	14,0	8,0
			10,0-20,0	7,4	12,6
			>22,0	5,1	17,2
	Т-150К	КПКУ-75	2,5-5,0	10,6	10,0
			5,0-10,0	7,0	14,2
			10,0-20,0	4,1	20,4
			22,0	3,1	24,8

Продолжение табл. П. 6.3

1	2	3	4	5	6
Крошение трав с плющением	МТЗ-82.1, МТЗ-826	КПС-5Г	2,5-5,0	17,3	3,4
			5,0-10,0	15,9	3,7
			10,0-20,0	13,4	4,4
			20,0-30,0	10,6	5,5
			30,0-40,0	7,7	7,5
			40,0-50,0	6,1	9,4
		КПРН-3	1,0-2,0	15,2	3,4
			2,0-3,0	13,3	3,8
			>3,5	12,8	3,9
		КПВ-3	1,0-2,0	10,4	4,8
			2,0-3,0	8,9	5,5
			>3,5	7,7	6,2
Ворошение и сгребание	МТЗ-82.1	КР-420	Незав. от влажн.	19,2	1,9
		ГВК-6		25,6	1,2
Подбор валков с измельчением		КСК-100	5,0-10,0	13,7	6,7
			10,0-20,0	7,8	10,9
			>22,0	5,4	15,0
	МТЗ-82.1	КС-1,8	2,5-5,0	12,0	4,3
			5,0-10,0	8,7	5,4
			10,0-15,0	4,1	10,2
Стогование	Т-150К	СПТ-60	1,0-2,0	18,5	4,8
			3,0-4,0	11,6	8,6
			4,0-5,0	7,4	15,0
			>5,0	5,2	18,5
Прессование сена	МТЗ-82.1, МТЗ-826	ПС-1,6	1,0-2,0	15,3	2,9
			3,0-4,0	8,4	5,3
			4,0-5,0	6,2	7,3
			>5,0	4,7	9,6
		ПРП-1.6	1,0-2,0	15,4	3,2
			3,0-4,0	7,3	6,3
			4,0-5,0	5,4	8,5
			>5,0	4,1	11,2

Таблица П.6.4

Очистка зерна

Марка машины	Производительность, т/ч	Мощность, кВт
МЗС-10(20)	10(20)	1,5(3)
ЗМ-20	20	6,2
ЗАП-25	25	20,6
СМ-4	0,5	6
ЗАВ-20У	25	29,7
ЗАВ-40У	40	43,4

Таблица П.6.5

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку зерновых

Наименование операции	Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива кг/га
1	2	3	4	5	6
1. Прямое комбайнирование					
Без измельчения соломы	СК-5	ХС-6М	до 1,5	13,8	6,4
			1,5-2,0	11,7	7,2
			2,0-3,0	9,7	8,1
	СКД-6 Енисей-1200		до 1,5	15,3	5,9
			1,5-2,0	14,0	6,3
			2,0-3,0	10,6	7,7
	Дон-1500		до 1,5	24,1	6,3
			1,5-2,0	20,0	7,3
			2,0-3,0	15,9	8,8
	Вектор 410		до 1,5	15,6	8,0
			1,5-2,0	14,2	8,5
			2,0-3,0	12,7	9,8
С измельчением соломы	СК-5	ХС-5-1200 ПУН-5	до 1,5	12,8	7,9
			1,5-2,0	11,6	8,5
			2,0-3,0	9,1	10,4
	СКД-6 Енисей-1200	ХС-5-1200 ПУН-6	до 1,5	14,2	7,2
			1,5-2,0	12,1	8,3
			2,0-3,0	10,2	9,6
	Дон-1500	ХС-7-1200 ПНК-1500	до 1,5	22,3	7,6
			1,5-2,0	18,2	8,9
			2,0-3,0	14,5	10,6
	Вектор 410		до 1,5	15,6	9,2
			1,5-2,0	14,2	10,0
			2,0-3,0	12,7	11,1
2. Скашивание в валки					
	СК-5	ЖВН-6А	-	15,7	6,1
		ЖНС-6-12	-	21,3	3,4
		ЖВН-10	-	30,5	2,5
	СК-6	ЖВН-6А	-	21,1	3,6

Окончание табл. П. 6.5

1	2	3	4	5	6
3.1. Подбор и обмолот валков без измельчения соломы					
а) после ЖНС-6-12	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	29,1	5,1
			1,8-2,2	24,4	5,9
			2,2-3,0	21,2	6,8
	СК-5		1,4-1,8	17,6	4,7
			1,8-2,2	15,0	5,3
			2,2-3,0	13,4	5,9
б) после ЖВН-6А	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	12,5	9,3
			1,8-2,2	11,6	9,9
			2,2-3,0	10,7	10,8
	СК-5		1,4-1,8	19,4	8,2
			1,8-2,2	18,3	8,6
			2,2-2,6	17,2	9,1
			2,6-3,4	16,1	9,6
в) после ЖВН-10	Дон-1500	ППТ-3А	1,4-1,8	27,2	5,8
			1,8-2,2	24,0	6,3
			2,2-2,6	21,2	6,9
			2,6-3,4	18,3	7,9
	СК-5	ППТ-3А	1,4-1,8	205	4,6
			1,8-2,2	18,0	5,1
			2,2-2,6	16,0	5,7
			2,6-3,4	13,2	6,7
3.2. Подбор и обмолот валков с измельчением соломы					
а) после ЖВН-10	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,7
			1,8-2,2	14,0	6,7
			2,2-2,6	12,6	7,3
			2,6-3,4	10,1	9,2
б) после ЖВН-6-12	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	16,4	5,4
			1,8-2,2	15,0	5,8
			2,6-3,4	10,5	7,5
в) после ЖВН-6А	СК-5 (ПУН-5)	ППТ-3А	1,4-1,8	15,5	6,8
			1,8-2,2	14,4	7,0
			2,2-2,6	12,8	7,8
			2,6-3,4	10,2	9,1

Таблица П.6.6

Примерные нормы выработки и расхода топлива на уборку подсолнечника

Марка комбайна	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
1. Прямое комбайнирование без измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,8	7,6
		12-18	11,2	8,2
		18-24	9,7	8,9
		24-30	8,4	10
		30-36	7,4	11
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	17	8,2
		12-18	15,3	8,9
		18-24	13,7	9,7
		24-30	12	10,7
		30-36	10,6	11,8
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	17	7,8
		12-18	15,2	8,5
		18-24	13,6	9,3
		24-30	12	10,3
		30-36	10,6	11,5
2. Прямое комбайнирование с измельчения корзинок				
СК-5	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	12,2	8,8
		12-18	10,6	9,5
		18-24	9,0	10,5
		24-30	8,0	11,6
		30-36	6,8	12,8
ДОН-1500	ПСП-1,5 ПСП-10 ПРП-1,5	6-12	16,0	9,5
		12-18	14,0	10,4
		18-24	12,3	11,3
		24-30	10,7	12,6
		30-36	9,5	14,0
ДОН-1500	Приспособление Змеевского	6-12	16,0	9,3
		12-18	14,0	10,2
		18-24	12,3	11,1
		24-30	10,7	12,4
		30-36	9,5	13,6

Таблица П.6.7

Скирдование сена и соломы

Наименование операции	Марка трактора	Марка СХМ	Масса скир-ды, т	Норма выработки, т	Расход топ-лива, кг/га
Скирдование сена	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	26,0	1,14
		СНУ-0,5	6-10	26,0	1,1
		ПФ-0,5	10-20	30,0	1,0
Скирдование соломы	МТЗ-82.1	СШП-0,5	6-10	21,0	1,2
		СНУ-0,5	6-10	21,0	1,0
		ПФ-0,5	10-20	23,0	1,1

Таблица П.6.8

Сволакивание соломы

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
После жаток ЖВН-6				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	113	0,6
		17,5-22,5	85	0,8
		22,5-30,0	75	1,0
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	107	0,6
		17,5-22,5	82	0,7
		22,5-30,0	70	0,8
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	86	0,5
		17,5-22,5	70	0,6
		22,5-30,0	53	0,8
После жаток ЖВН-10				
Т-4А, Т-150	ВТУ-10	12,5-17,5	95	0,7
		17,5-22,5	70	1,0
		22,5-30,0	58	1,2
ДТ-75М	ВТУ-10	12,5-17,5	89	0,5
		17,5-22,5	68	0,8
		22,5-30,0	56	1,0
МТЗ-82.1	ВТУ-10	12,5-17,5	77	0,5
		17,5-22,5	58	0,7
		22,5-30,0	43	0,9
		30,0-40,0	36	1,2

Таблица П.6.9

Уборка силосных культур

Марка трактора	Марка СХМ	Урожайность, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
	КСК-100	до 10	13,8	8,2
		10,0-20,0	11,8	9,8
		20,0-30,0	9,0	10,7
		30,0-40,0	7,5	12,1
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПКУ-75	до 10	9,7	10,5
		10,0-20,0	7,1	13,5
		20,0-30,0	5,4	16,7
		30,0-40,0	4,1	20,3
	СС-2,6	до 10	9,8	11,6
		10,0-20,0	8,1	13,0
		20,0-30,0	6,8	14,6
		30,0-40,0	5,7	16,2
	КС-2,6	до 10	9,8	9,6
		10,0-20,0	8,1	10,5
		20,0-30,0	6,9	11,7
		30,0-40,0	5,7	13,2
ДТ-75М	КСС-2,6	до 10	9,0	10,8
		10,0-20,0	6,7	12,2
		20,0-30,0	5,2	13,9
		30,0-40,0	4,7	14,6
	КС-2,6	до 10	9,0	9,0
		10,0-20,0	6,7	10,2
		20,0-30,0	5,2	11,6
		30,0-40,0	4,2	13,7
МТЗ-82.1	СС-2,6	до 10	8,7	9,1
		10,0-20,0	6,6	9,9
		20,0-30,0	5,0	11,6
	КС-2,6	до 10	8,7	8,4
		10,0-20,0	6,6	8,6
		20,0-30,0	5,0	10,1
	КС-1,8	до 10	6,1	9,6
		10,0-20,0	4,9	11,0
		20,0-30,0	3,8	12,7
		30,0-40,0	2,9	16,0

Таблица П.6.10

Внесение минеральных удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, т/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701, К-744	РУМ-16	<2,0	99,0	2,51
		2,1-4,0	89,5	2,67
К-700	РУП-8	<2,0	47,7	2,95
		2,1-4,0	42,9	3,21
Т-150К, ХТЗ-150К-09	РУМ-8	<2,0	72,4	1,67
		2,1-4,0	61,9	1,88
	РУП-8	<2,0	47,2	2,25
		2,1-4,0	42,3	2,45
МТЗ-1221	МВУ-5	<2,0	79,1	1,3
		2,1-4,0	63,8	1,6
МТЗ-82.1	РУМ-5	<2,0	51,6	1,37
		2,1-4,0	43,8	1,65
		2,1-4,0	38,4	1,35
	1-РМГ-4	<2,0	24,2	2,36
		2,1-4,0	22,7	2,69
	НРУ-0,5	<2,0	47,2	0,86
	РСМ-6	2,1-4,0	42,3	0,90
Т-40	НРУ-0,5	<2,0	34,9	0,79
	РСМ-6	2,1-4,0	32,1	0,81

Таблица П.6.11

Внесение органических удобрений

Марка трактора	Марка СХМ	Норма внесения удобрений, ц/га	Норма выработки, га	Расход топлива, кг/га
К-701, К-744	ПРТ-16	31-50	114,0	1,31
	ПРТ-10	31-50	92,1	1,46
	КСО-9	31-50	86,9	1,57
К-700А	ПРТ-10	31-50	87,4	1,26
	ПРТ-16	31-50	106,0	1,15
	КСО-9	31-50	81,6	1,38
Т-150К, ХТЗ-150К-09	ПРТ-10	31-50	82,1	1,09
	КСО-9	31-50	78,0	1,14
ДТ-75М	РОУ-5	31-50	28,4	2,39
	1-ПТУ-4	31-50	23,1	2,89
	РПН-4	33-37	4,9	8,94
		38-45	4,3	10,00
МТЗ-82.1, МТЗ-826	РТО-4	31-50	34,9	1,81
	РОУ-5	31-50	41,7	1,58
	1-ПТУ-4	31-50	34,9	1,79
	РПН-4	33-37	4,8	9,57
		38-45	4,1	11,02

Рекомендуемая литература

1. Курочкин, И.М. Производственно-техническая эксплуатация МТП : учебное пособие / И.М. Курочкин, Д.В. Доровских. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2012. – 200 с. http://window.edu.ru/resource/156/80156/files/kurochkin.pdf

2. Попов, И.В. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. / И.В. Попов, А.А. Петров, А.Н. Кондрашов – Оренбург : Издательский центр ОГАУ, 2012. – 288 с. http://rucont.ru/efd/278231

3. Маслов, Г.Г. Техническая эксплуатация средств механизации АПК : учебное пособие / Г.Г. Маслов, А.П. Карабаницкий. – Санкт-Петербург : Лань, 2018. – 192 с. – Режим доступа: https://e.lanbook.com/reader/book/104876/#1

4. Зангиев, А.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, А.В. Шпилько, А.Г. Левшин. – М. : КолосС, 2005. – 320 с. ил.

5. Хабардин, В. Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие / В. Н. Хабардин. – Иркутск : ИрГСХА, 2011. – 265 с. http://ebs.rgazu.ru/?q=-node/2657

6. Сборник нормативных материалов на работы, выполняемые машинно-технологическими станциями (МТС). – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2001. – 190 с.

Оглавление

Предисловие 3

Лабораторная работа №1 Расчет операционно-технологической карты 4

Лабораторная работа №2 Составление плана механизированных работ принятого пятипольного севооборота 11

Лабораторная работа №3 Расчёт оптимального состава МТП для заданного севооборота и обьёмов работ 13

Лабораторная работа №4 Контроль работоспособности аккумуляторных батарей и подготовка их к хранению 20

Лабораторная работа №5 Проверка и регулировка осветительных приборов автомобиля 29

Лабораторная работа №6 Проверка углов установки управляемых колес автомобиля 33

Приложения 37

Рекомендуемая литература 54

Учебное издание

Сазонов Дмитрий Сергеевич
Ерзамаев Максим Павлович

ЭКСПЛУАТАЦИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 6.04.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,50; печ. л. 3,26.
Тираж 50. Заказ № 49.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

ТРИБОТЕХНИКА

Методические указания для лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2021

УДК 631.371.(075.8)
ББК 40.76Р
Т33

Рекомендовано
учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Т33 Триботехника : методические указания / сост. О. С. Володько, А. П. Быченин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 59 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ для студентов, обучающихся по программам бакалавриата инженерных направлений.

В методических указаниях приведены рекомендации для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Триботехника». Приведена методика трибологических испытаний на шариковой и роликовой машинах трения, методика экспресс-анализа качества масла, а также рекомендации по очистке и повторному использованию отработавших масел.

Учебное издание содержит необходимые пояснения, формы проведения занятий, порядок и технику выполнения заданий, краткую справочную информацию и задания для самостоятельной работы.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021
© Володько О. С., Быченин А. П., составление, 2021

Предисловие

Развитие науки и техники в последние десятилетия показало, что надежные и долговечные машины могут быть созданы только при удачном решении теоретических и прикладных задач трения, смазывания и изнашивания, т.е. задач трибологии и триботехники. Создание новых эффективных триботехнических материалов и подбор пар трения тесно связаны с совершенствованием методов испытаний пар трения и измерения их выходных характеристик, а также методов оценки их работоспособности. Экономически и экологически целесообразными являются восстановление трибологических свойств и повторное использование смазочных материалов в технике. В связи с этим управление трением является актуальной технической проблемой и является главной целью трибологии и триботехники. Управление трением – это правильный выбор материалов по трению и износостойкости, рациональное конструирование подвижных сопряжений, оптимизация условий эксплуатации, которые могут существенно продлить срок службы машин при незначительном увеличении их стоимости.

Цель издания – освоение студентами трибологических основ повышения ресурса машин в различных условиях эксплуатации путем изучения взаимодействия поверхностных слоев твердых тел, изменяющихся под действием сил трения и окружающей среды, вопросов создания новых эффективных трибологических материалов и принципов подбора пар трения с целью сознательного управления фрикционным поведением материалов, а также инженерных методов расчета и испытаний трибологических систем.

Методические указания разработаны на основании рабочей программы дисциплины «Триботехника» для студентов и преподавателей направлений подготовки 35.03.06 Агроинженерия и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения.

Лабораторная работа №1.
Виды трибологических испытаний материалов

Цель работы: ознакомиться с видами испытаний и методами определения основных трибологических показателей.

Задания

1. Рассмотреть классификацию видов трибологических испытаний, их цели и задачи.

2. Изучить методы определения основных показателей, характеризующих функционирование трибологической системы.

Содержание отчета

1. Составить схему видов и методов трибологических испытаний пар трения.

2. Изобразить схему и пояснить принцип работы стенда для испытания зубчатых передач.

3. Провести измерение коэффициента трения покоя для различных пар трения и сравнить результаты измерений.

Общие сведения

Контроль и испытание смазочных масел включают следующие этапы:

- лабораторная оценка основных физико-химических показателей масел по методикам ГОСТа (кинематическая вязкость, индекс вязкости, температуры вспышки и застывания, кислотное и щелочное число, содержание механических примесей и воды, моющие свойства, зольность, коррозионность, плотность и другие показатели, характеризующие особенности масел) и оценка трибологических показателей масел в лабораторных условиях на специальных машинах трения (противоизносные, противозадирные, антифрикционные свойства масел);

- стендовые испытания масел с использованием реальных сопряжений при различных нагрузочно-скоростных и температурных режимах;

- эксплуатационные испытания масел в машинах и механизмах при реальных условиях эксплуатации.

Лабораторные методы испытаний масел. Цель испытаний: *определение* физико-химических и трибологических свойств масел

в специальных лабораториях по методикам ГОСТа с использованием специального оборудования и машин трения. Полученные значения сравниваются с паспортными данными конкретного типа и сорта масла. Машины трения имитируют процессы трения в реальных сопряжениях и могут использоваться для сравнения масел по их трибологическим свойствам.

Характерные показатели и параметры процесса трения:

- диаметр пятна изнашивания $Д_и$;
- износ (скорость изнашивания) образцов (линейный, массовый и др.);
- момент схватывания (задира) поверхности трения;
- температура схватывания (задира) поверхности трения;
- коэффициент трения в сопряжении.

Стендовые испытания масел. Цель испытаний: оценка *изменения* физико-химических и трибологических свойств масел при работе в реальных механизмах, сопряжениях или имитирующих их контактах рабочих тел машин трения с обеспечением возможности изменения или сохранения постоянными значений нагрузочных, скоростных, температурных и др. режимов работы (рис. 1.1, 1.2).

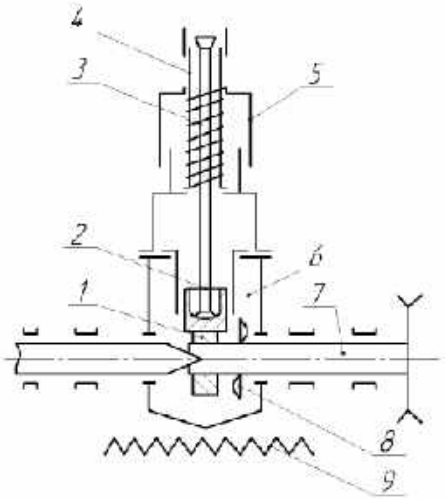


Рис. 1.1. Схема установки для испытания моторных масел:
1 – кулачок; 2 – толкатель; 3 – пружина; 4 – штанга толкателя;
5 – крышка; 6 – камера; 7 – вал; 8 – разбрызгиватель; 9 – нагреватель

Стендовые методы подразделяются на:

- моторные методы испытаний масел (сопряжение «кулачок-толкатель», рис. 1.1);

- испытание зубчатых зацеплений редукторов или трансмиссий (рис. 1.2);

- испытания с использованием шариковых, роликовых и других испытательных установок, обеспечивающих высокую точность, воспроизводимость и повторяемость результатов испытаний (рис. 1.3).

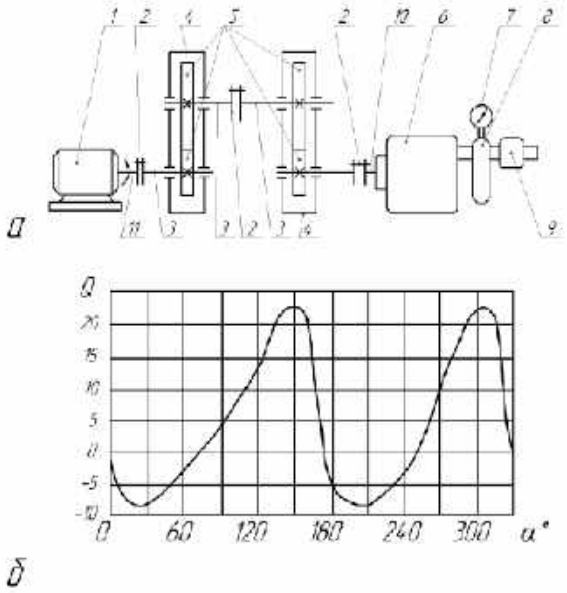


Рис. 1.2. Стенд с переменным нагружением по углу α поворота испытуемых зубчатых передач:

а – схема стенда; б – диаграмма изменения нагрузок;
1 – электродвигатель; 2 – соединительная муфта; 3 – вал; 4 – корпус редуктора; 5 – шестерни; 6 – компрессор; 7 – манометр; 8 – баллон со сжатым воздухом; 9 – пневморедуктор; 10 – вал компрессора; 11 – вал электродвигателя

Эксплуатационные испытания. Цель испытаний: *оценка показателей* работоспособности, стабильности и изменения свойств масел в реальных машинах и механизмах в условиях реальной эксплуатации.

При всех видах испытаний (лабораторных, стендовых и эксплуатационных) важно соблюдать последовательность этапов:

1. Четко поставить цель испытаний.

2. Обосновать методику испытаний и достаточное число контрольных параметров.

3. Выбрать технические средства испытаний и контроля параметров, обеспечивающих поддержание режимов испытания и точность измерения показателей.

4. Обеспечить высокую точность обработки и оптимальный метод анализа результатов испытаний.

Условия и требования к лабораторным испытаниям образцов материалов:

1. Необходимо сохранять подобие:

- сорта испытуемого масла и присадки к нему;
- геометрическое, кинематическое, нагрузочное;
- материалов и термообработки испытуемых образцов.

2. Поверхности трения испытуемых образцов должны быть предварительно приработаны.

3. Точность изготовления испытуемых образцов материалов должна быть выше точности моделируемых деталей не менее чем на два класса.

4. Испытаниям подвергают масла одной поставки для каждого сорта.

5. В процессе проведения испытаний определяют температуру поверхностей трения испытуемых образцов.

6. Исследуют контактные явления, определяющие служебные свойства масел, условия трения и повреждения поверхностей трения испытуемых образцов.

7. Применение ускоренных методов не рекомендуется.

8. Испытания масел и присадок необходимо проводить по стандартизированным методикам.

Структура методики трибологических испытаний масел. Для разработки методики трибологических испытаний масел необходимо правильно выбрать:

- экспериментальные средства для проведения испытания (схема и конструкция испытательной установки, условия нагружения испытуемых образцов);

- испытуемые образцы или объекты исследования (конструкция испытуемых образцов, их точность изготовления, шероховатость поверхностей трения);

- условия проведения испытания (градуировка испытательной установки, режим приработки испытуемых образцов, пределы и градация измеряемых параметров);

- критерий определения окончания испытания (какой-либо из факторов, условно характеризующий окончание испытаний, например, повышенный износ образцов);

- контрольно-измерительные средства (термопары, токосъемные устройства, устройства для измерения износа и момента трения, контрольно-измерительная аппаратура);

- метод обработки результатов экспериментального исследования (графическое изображение непрерывно измеряемых величин износа, коэффициента трения, температур поверхности трения образца и испытуемого масла в объеме, разогреваемом от теплоты трения в контакте образцов).

При проведении серии испытаний (в зависимости от их назначения) необходимо обращать внимание на различные факторы:

- испытуемое масло (сорт масла, вязкость, присадки к маслу, способ подачи масла к месту контакта образцов);

- материал испытуемых образцов (марка материала, термообработка, твердость поверхностей трения);

- кинематические условия в контакте (скорость качения, скорость скольжения и др.);

- характер нагружения при испытании (постоянный, ступенчатый, переменный);

- шероховатость поверхностей трения (до и после испытания);

- масштабное соответствие (геометрические размеры испытуемых образцов, их приведенный радиус кривизны и ширина);

- температурные условия проведения испытания.

Основные факторы, учитываемые при испытании масел. При трибологических испытаниях масел необходимо:

- тщательно градуировать устройства, предназначенные для измерения момента трения, износа образцов, температур;

- при смазывании образцов погружением обеспечивать постоянство объема испытуемого масла;

- обеспечивать наименьшее биение под нагрузкой испытуемых образцов;

- изготавливать образцы из материала одного производства;

- учитывать при измерении износа деформации образцов вследствие нагружения и разогрева в процессе испытания (температурные деформации);

- учитывать и компенсировать смещение «нуля» в процессе испытания на устройстве для измерения момента трения;

- обеспечивать самоустановку под нагрузкой образцов при испытании по схеме «колодка-ролик» и полный контакт по ширине роликов при испытании по схеме «ролик-ролик»;

- при изготовлении испытуемых образцов добиваться по возможности большей точности их геометрических размеров, особенно для сопрягаемых поверхностей.

Особое внимание следует обратить на испытуемые масла и присадки для исключения влияния на результаты испытаний побочных факторов. При испытаниях какого-либо масла или присадки необходимо, чтобы они были изготовлены из одинакового сырья. При испытании опытных присадок или присадок, которые можно отдельно вводить в масла, необходимо учитывать, что время от момента введения присадки в масло до начала испытаний для различных присадок должно быть одинаковое. Каждое испытание нужно проводить на свежем масле и ни в коем случае не использовать масло для повторного испытания.

Особенности испытаний образцов с точечным, линейным и плоскостным, контактами. По ГОСТ 17604-72 «Надежность изделий машиностроения. Метод определения температурной стойкости смазочного масла при трении» определяют температурную стойкость смазочных масел при трении. Суть метода состоит в том, что при ступенчатом повышении температуры масла реализуется трение скольжения под заданной нагрузкой между одним вращающимся шариком и тремя неподвижными (рис. 1.3, а). При этом критическую температуру фиксируют при скачкообразном изменении коэффициента трения.

По стандарту ASTM D 2714-73 (США) служебные свойства масел определяют с помощью испытательной установки, в которой испытуемыми образцами служат вращающийся с частотой $n = 1{,}2\ с^{-1}$ ролик и неподвижная колодка (рис. 1.3, в). Для испытаний используют 200 $см^3$ масла, образцы подвергают воздействию нагрузки 6,8 Н, длительность испытаний соответствует числу оборотов ролика 500.

Установка Олмена-Виланда – машина трения, в которой парой трения является приводимый во вращение стальной валик и прижимаемые в вертикальной плоскости к нему два полувкладыша, помещенные в масляную ванну (рис. 1.3, д). Полувкладыши нагружаются гидросистемой; через каждые 200 оборотов валика нагрузка увеличивается на 5 Н. Частота вращения валика 3,33 $с^{-1}$. В процессе испытания фиксируют нагрузку, при которой происходит заедание или поломка валика, силу трения, температуру масла в ванне и износ пары трения (по изменению зазора между валиком и вкладышами).

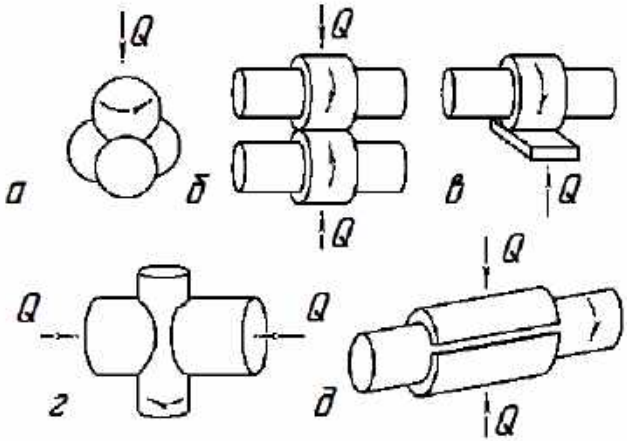


Рис. 1.3. Образцы для лабораторных испытаний масел:
а – «шарик-шарик»; б – «ролик-ролик»; в – «ролик-призматическая колодка»;
г – «вал-две цилиндрические колодки»; д – «вал-два полувкладыша»

Измерение износа испытуемых образцов.

а) Периодические измерения величины износа:

- микрометрическими измерениями;
- по потере массы;
- профилографированием;
- методом искусственных баз;

б) Определение износа в процессе работы испытательной установки:

- по содержанию продуктов изнашивания в отработанном масле;

- с помощью радиоактивных изотопов;
- пневматическим или тензометрическим микрометрированием;
- по расходу рабочей среды между поверхностями трения;
- с помощью рычажных приспособлений и индикаторов;
- с использованием индуктивных датчиков.

Испытания образцов по схеме «колодка-ролик». При проведении испытаний по схеме «колодка-ролик» (рис. 1.3, в, г) нужно учитывать следующие факторы:

- правильное определение температур поверхностей трения и масла, разогреваемых от теплоты трения в контакте испытуемых образцов;
- периодическая градуировка термопар для измерения температур поверхности трения и масла;
- правильное определение и учет температурных деформаций испытуемых образцов, разогреваемых от теплоты трения в контакте, при определении суммарного износа;
- учет нагрузочных деформаций испытуемых образцов и валов, на которых закреплены образцы, при определении суммарного износа;
- правильная компенсация «смещения нуля», например, сигнала, подаваемого на шлейф осциллографа, при определении суммарного износа.

Метод испытаний масел при качении с малым скольжением по схеме «ролик-ролик» (А.с. 637639 (СССР). В качестве оценочного параметра масел принят суммарный износ на этапе приработки при испытании по схеме ролик-ролик (рис. 1.3, б). Испытания проводились на машине СМЦ-2 на роликах из бронзы. Испытуемые ролики сначала проходили приработку (при условии, что ролик, на котором измеряют момент трения, являлся опережающим). После окончания операции приработки проводили серию измерений коэффициента трения. Испытуемые ролики снимали и измеряли их диаметры (изменение диаметров роликов определяет суммарный износ). Далее испытуемые ролики меняли местами и повторно подвергали приработке, при этом ролик, на котором измеряли момент трения, являлся отстающим. После окончания повторной приработки проводили вторую серию измерений коэффициента трения, затем испытуемые ролики снова снимали и повторно измеряли их диаметры для определения износа после повторной приработки. Приработку испытуемых роликов проводили при

контактном давлении p_{max} = 329,2 МПа, суммарной скорости качения v = 5,62 м/с и параметре α = 0,3 %. Процесс приработки считали завершенным, когда величины момента трения, температур поверхности трения и масла стабилизировались.

За показатель износа испытуемых роликов при испытании по схеме «ролик-ролик» принят суммарный износ роликов Δ_{Σ} в процессе двойной приработки, определяемый по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{1on} + \Delta_{2om} + \Delta_{1om} + \Delta_{2on}, \qquad (1.1)$$

где Δ_{1on} и Δ_{2om} – износ опережающего и отстающего испытуемых роликов, когда ролик, на котором определяют момент трения, является опережающим;

Δ_{1om} и Δ_{2on} – износ отстающего и опережающего испытуемых роликов, когда ролик, на котором измеряют момент трения, является отстающим.

Факторы, определяющие склонность масел к пленкообразованию. При постоянной нагрузке явлению пленкообразования на поверхностях трения испытуемых образцов предшествуют следующие факторы:

- предварительное изнашивание поверхностей трения с последующим наступлением явления пленкообразования;
- резкое повышение температуры поверхности трения с последующим плавным снижением ее до значений, более низких, чем предшествующие повышению;
- скачкообразное повышение и последующее снижение температуры смазочного масла при практически постоянной температуре поверхности трения.

По истечении некоторого промежутка времени скачкообразные изменения температуры масла прекращаются, что, очевидно, свидетельствует о завершении пленкообразования на поверхности трения.

Анализ, систематизация и обобщение испытаний масел, склонных к образованию пленок на поверхностях трения под нагрузкой, позволили рекомендовать следующее условие, необходимое для протекания явления пленкообразования:

$$\lambda \geq \frac{f(p \cdot v_{ск})^n}{\tau \cdot (\frac{t_p + t_м}{2})^k \cdot H}, \text{ Н}, \qquad (1.2)$$

где λ – коэффициент;

f – коэффициент трения в контакте;

p – удельная нагрузка, Н;

$v_{ск}$ – скорость скольжения, м/с;

τ – время работы при данных условиях до начала явления пленкообразования, с;

t_p и $t_м$ – температура поверхности трения и смазочного масла в момент пленкообразования, °С;

H – характеристика материалов поверхностей трения;

n, k – показатели степени.

Определение коэффициента трения покоя. Порядок определения коэффициента трения покоя на стенде (рис. 1.4)

1. Установить образцы *3* на штифт *2*.

2. Поместить образец *4* между образцами *3* так, чтобы они перекрывали образец *4* по длине на 2/3, а по ширине полностью.

3. Установить на штифт *2* пластину *5* и поместить на нее груз *6*.

4. При помощи динамометра *7* плавно сдвинуть образец *4*, при этом определить максимальное показание динамометра.

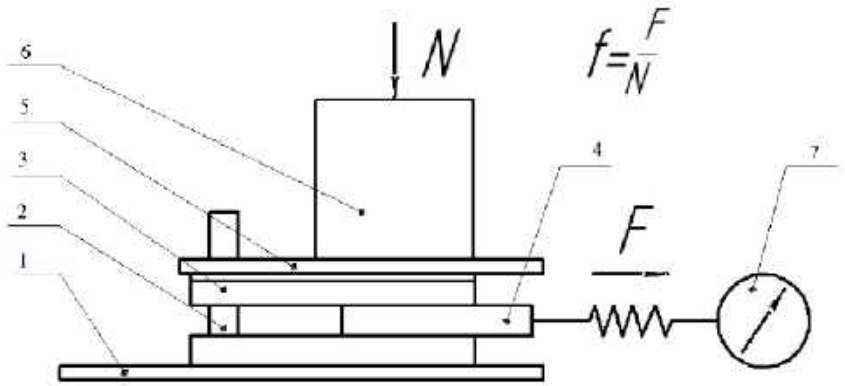


Рис. 1.4. Стенд для определения коэффициента трения покоя:
1 – основание; 2 – штифт; 3, 4 – образцы; 5 – пластина; 6 – груз;
7 – динамометр

По результатам замеров заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерения коэффициента трения

Образец	Вес груза N, Н	Сила трения F, Н	Средняя сила трения $F_{ср}$, Н	Коэффициент трения f
		1. 2. 3.		
		1. 2. 3.		
		1. 2. 3.		

По результатам измерений построить столбовую диаграмму зависимости коэффициента трения f от материала образца. Дать сравнительную оценку значений коэффициента трения в зависимости от материала образцов.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются цели и задачи лабораторных, стендовых и эксплуатационных исследований масел?
2. Поясните структуру методики трибологических испытаний.
3. Перечислите основные факторы, учитываемые при испытании масел.
4. В чем заключаются особенности испытаний образцов с точечным, линейным и плоскостным контактами?
5. Перечислите методы измерения износа испытуемых образцов.
6. Поясните особенности испытания образцов по схеме «колодка-ролик».
7. Поясните методику определение износа при качении со скольжением образцов по схеме «ролик-ролик».
8. Назовите факторы, определяющие склонность масел к пленкообразованию.

Лабораторная работа № 2.
Четырехшариковая машина трения МАСТ-1

Цель работы: изучить методы оценки антифрикционных свойств материалов на шариковой машине трения.

Задания

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия машины трения МАСТ-1.
2. Изучить методы измерения износа и определения силы трения.

Содержание отчета

1. Пояснить назначение и дать техническую характеристику машины трения МАСТ-1.
2. Описать процесс тарировки крутильного динамометра.
3. Пояснить зависимость коэффициента трения и диаметра пятна износа от температурных режимов.

Общие сведения

Машина для оценки антифрикционных свойств материалов (МАСТ) предназначена для *определения антифрикционных и противоизносных свойств* смазочных материалов.

На машине можно определять:

- коэффициенты трения металлических и неметаллических материалов;
- критические температуры пленки смазки на металле;
- оценивать величины износа трущихся материалов.

На рисунке 2.1 представлена кинематическая схема машины МАСТ-1. Верхний образец *4* в виде стального шарика диаметром 8 или 12 мм закрепляется в съемной державке, конусный хвостовик которой соединяется со шпинделем *3*. Шпиндель посредством круглоременной передачи *1* приводится во вращение от электродвигателя *2* со скоростью 1200 мин$^{-1}$. Три нижних шарика *5*, зажатых в обойме (по первой схеме трения), или кольцевой образец (по второй схеме трения) укрепляются на дне металлической ванночки *7*, обогреваемой электропечью *6* (ванночка может быть заполнена смазочным материалом в количестве 25 г). Ванночка установлена на шариках и удерживается от поворота сменным упругим

элементом *9*, углы закручивания которого пропорциональны моменту сил трения. Момент сил трения регистрируется стрелкой *8* (с пером) на барабане *11* самописца, приводимого во вращение от электродвигателя *12* со скоростью 1 мин$^{-1}$. Нагрузка осуществляется при помощи рычажной системы *10* с соотношением плеч 1:10.

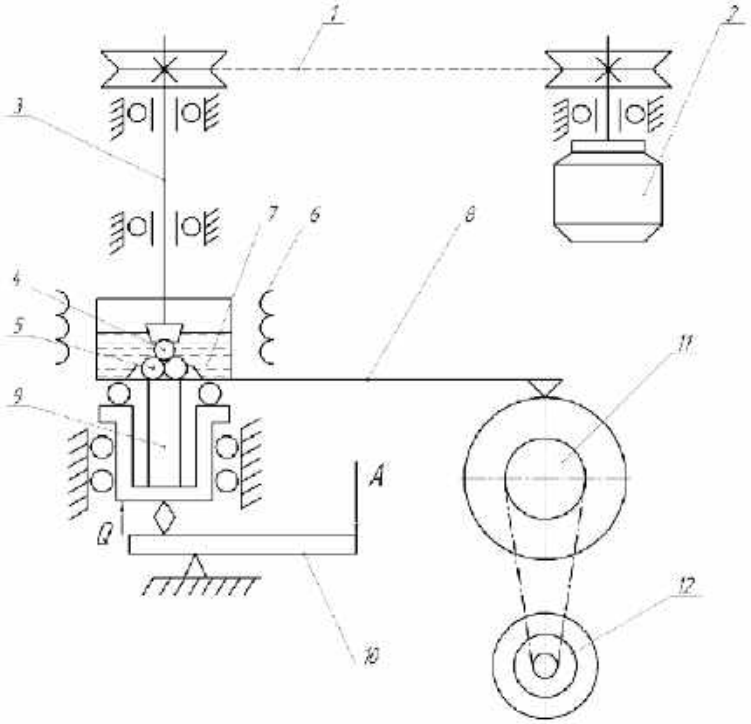


Рис. 2.1. Кинематическая схема машины МАСТ-1

Технические характеристики МАСТ-1:

Испытуемый образец: верхний – стальной шарик d = 8 или 12 мм; нижний – 3 шарика d = 8 мм или плоский образец с кольцевым поясом d=8 мм и шириной 0,2 мм;

Нагрузка на образце, кгс	*до 11*
Погрешность механизма нагружения, %	*±3*
Скорость вращения верхнего образца, мин$^{-1}$	*1200*
Время одного испытания: с нагревом, мин	*20*
без нагрева, мин	*Не ограничено*

Пределы измерительных моментов сил трения, кгс·м	*0,07...4*
Точность замера крутящего момента, %	*± 5*
Мощность электронагревателей, Вт	*500*
Диапазон регулирования температуры, град	*20...40*
Электродвигатели привода верхнего образца	*Тип Д-960*

Подготовка машины к работе:

1. Подготовить электрическую схему к работе, действуя по инструкции, приведенной в руководстве по эксплуатации.

2. Отрегулировать температуру, последовательно совершив действия, приведенные в инструкции.

3. Подготовить образцы и собрать рабочий узел машины, для чего:

- элементы упорного подшипника, детали зажима верхнего и нижнего образцов, масляную ванночку и образцы промыть до полного обезжиривания в авиационном бензине;
- выдержать образцы в течение 1 ч в испытуемом масле;
- установить верхний образец в державке, а три нижних – в зажимной обойме при помощи специального приспособления.

4. Установить державку с верхним образцом в шпинделе машины и закрепить ее.

5. Установить зажимную обойму с нижним образцом в масляной ванночке.

6. Установить нужный упругий элемент, руководствуясь справочными данными из комплекта машины трения.

7. При помощи специального приспособления установить стойку с упорным подшипником так, чтобы головка упругого элемента вошла в прорезь стойки и опустилась до упора.

8. Установить масляную ванночку на соответствующем штифте упора стойки и закрыть ее.

9. Закрепить концы термопары, вставить стрелу самописца в отверстие на стойке и развернуть ее на 90°.

10. Ввести в контакт верхний и нижний образцы, повернуть от руки и опустить вниз до упора.

11. После установки шпинделя в рабочее положение корпус зафиксировать штурвалом от вертикального и горизонтального перемещений.

12. Стрелку самописца установить на ленте в нулевое положение.

13. На стержне нагружающего рычага установить необходимый груз.

Для определения силы трения при работе машины необходимо знать соотношение между углом закручивания упругого элемента и вызывающей его нагрузкой, для чего упругие элементы предварительно тарируют. Тарировку производят при снятии масляной чашки и электропечи. При тарировке на стойке вместо масляной чашки закрепляют специальный тарировочный диск $d = 100$ мм; на диске укрепляют две нити из крученого шелка и перекидывают их через блоки. К свободным концам нитей подвязывается траверса. Если к траверсе приложить груз, плоский упругий элемент повернется на определенный угол; при этом стрелка самописца также отклонится на определенную величину, и на ленте барабана прочертится вертикальная линия. В результате приложения серии различных грузов на ленте барабана самописца запишется тарировочная диаграмма в виде ступенчатой кривой (рис. 2.2).

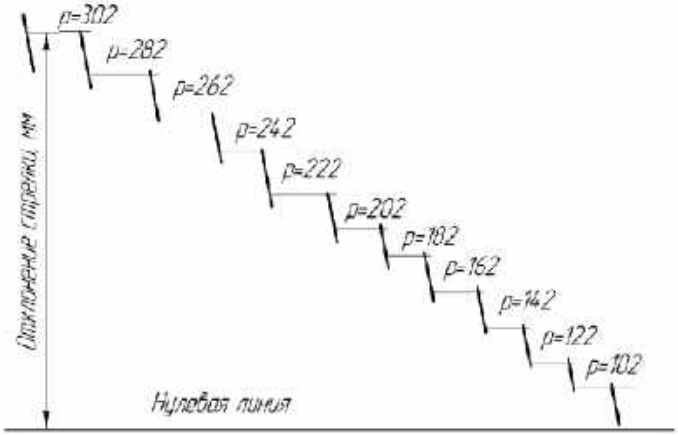


Рис. 2.2. Характерная запись при тарировке торсиона

Коэффициент трения определяется из отношения значения силы трения, полученного при испытаниях величины нормальной нагрузки в контакте шариков. Контактная нагрузка ($P_к$) определяется для четырехшариковой пирамиды выражением $P_к = 0{,}41P_{ос}$ (где $P_{ос}$ – осевая нагрузка, определяемая произведением нагрузки на рычаге машины и величины соотношения плеч рычага).

В случае трения шарика по кольцевому образцу (рис. 2.3), условие равенства моментов от силы трения и нагрузки при тарировке выражается:

$$\frac{F \cdot d}{2} = Q \cdot R\,, \qquad (2.1)$$

где d – средний диаметр кольцевого пояска, мм.

При диаметре отверстия кольцевого образца 8 мм и ширине пояска b = 0,2 мм, диаметре шарика d = 8,2 мм и R = 500 мм сила трения $F = 2QR/d$ = 12,2 кг.

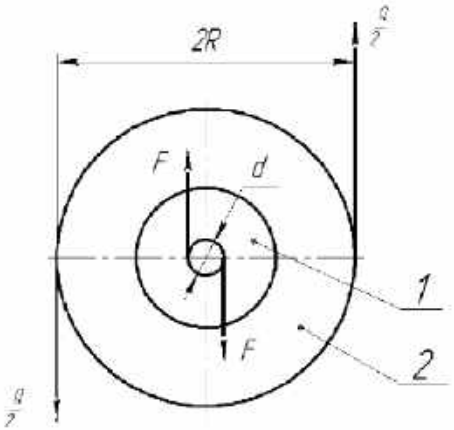


Рис.2.3. Схема действия сил при трении по кольцевому образцу и при тарировке торсиона: 1 – шайба; 2 – тарировочный диск

При данной схеме трения контактная нагрузка на рабочем пояске равна:

$$P_к = P_{ос}(\cos\frac{\varphi}{r})\,, \qquad (2.2)$$

где $\frac{\varphi}{r}$ – угол наклона между осью вращения и направлением приложения нормальной силы к поверхности трения (рис. 2.4).

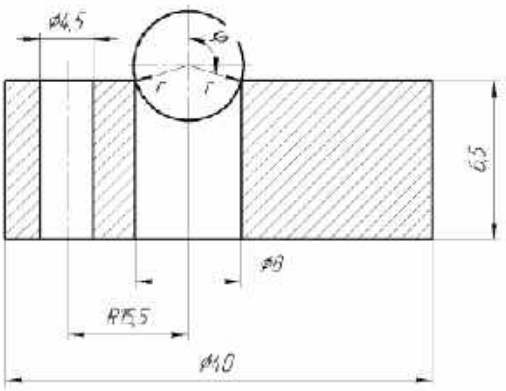


Рис. 2.4. Схема контакта шарика и кольцевого образца

Проверки правильности сборки машины, выбора упругого элемента при данной нагрузке и работы машины в целом проводят испытанием на сухих шариках, тщательно промытых в органических растворителях.

Характерная трибограмма изменения коэффициента трения в течение одноминутного опыта при осевой нагрузке 11 кг (торсион №3) приведена на рисунке 2.5. Для трения хорошо обезжиренных поверхностей стали ШХ6 характерно прерывистое движение со скачкообразным коэффициентом трения.

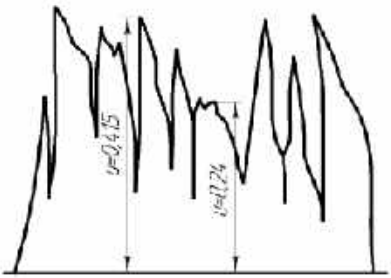


Рис. 2.5. Трибограмма для случая трения стальных закаленных шариков (ШХВ) без смазки: торсион №3, P_{oc} = 11 кгс

Нагрузку для МАСТ-1 следует выбирать в соответствии с выбранной для испытания схемой трения. В случае применения стальных закаленных шариков целесообразно, чтобы на площадках упругого контакта образцов удельные давления были такими

как и на рабочих поверхностях зубьев шестерен, кулачковых механизмов, элементов подшипников качения. Поэтому нагрузка на машине принимается из расчета создания удельного давления около 200 кг/мм^2 (при внешней нагрузке, равной 11 кг, удельное давление на площадке контакта будет равно 211 кг/мм^2).

В случае применения схемы «сфера – кольцевой образец» нагрузка выбирается такой, чтобы обеспечить удельное давление порядка 40…500 кг/см^2. Рабочая поверхность на фаске отверстия кольцевого образца создается двумя способами: на пластичных материалах – методом вдавливания на прессе под нагрузкой стального шарика такого же диаметра, как и верхний вращающийся образец; на малопластичных материалах фаску вытачивают специальным фасонным резцом. После вытачивания рабочий поясок калибруют шариком $d = 12{,}7$ мм.

При выборе нагрузки в случае применения образцов из пластических материалов (антифрикционные сплавы, пластмассы) следует учитывать, что при трении стали по пластичным материалам высокие нагрузки могут вызвать пластическую деформацию в контакте образцов, что приведет к искажению результатов опытов.

Испытания температурным методом проводят при постоянной нагрузке и постоянной малой скорости скольжения (за время испытания 60 секунд шарик совершает один оборот). Испытания исследуемого масла проводят при различных объемных температурах масла в каждом одноминутном опыте через интервалы температур 10…15 °С. При испытаниях по схеме трения «сфера – кольцевой образец» опыты во всем диапазоне выбранных температур проводят на одних и тех же образцах. В опытах без смазки необходимо менять образцы после каждого одноминутного испытания ввиду повреждения поверхностей трения.

Износ образцов, образующийся при испытаниях в условиях высоких контактных нагрузок, может быть оценен под микроскопом с винтовым окулярным микрометром. В случае трения четырех шариков измеряют диаметры пятен износа, образующихся на трех нижних шариках, а в случае трения шарика по кольцевому образцу измеряется ширина рабочего кольцевого пояска до и после испытания. Измерение диаметра пятна износа производят в двух диаметрально противоположных направлениях на всех трех

шариках. Среднее арифметическое значение всех измерений принимается за величину диаметра пятна износа в данном испытании. Величину силы трения и ее изменения в процессе испытания находят, обрабатывая записи, полученные на ленте самописца.

На рисунке 2.6 приведены характерные трибограммы изменения коэффициента трения для случая трения шариков из стали ШХ6 в диффузионном масле Д1 с присадкой 0,1 % стеариновой кислоты при различных температурах нагрева от 20 до 190 °С. В этих опытах осевая нагрузка была 11 кг. Разрушение граничного слоя масла произошло при 140 °С, когда возникло прерывистое скольжение и скачки трения.

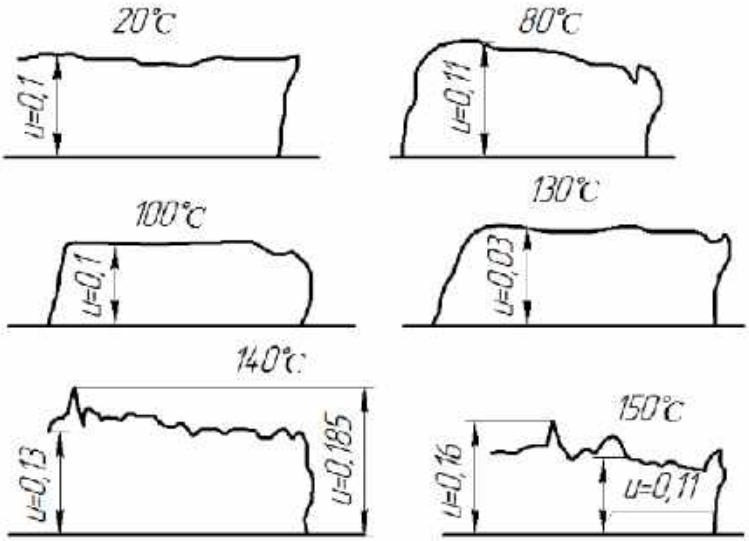


Рис. 2.6. Трибограммы для случая трения стальных шариков при различных температурах и смазке маслом Д1+0,1% стеариновой кислоты

В результате серии опытов получают данные о величине диаметра пятна износа нижних шариков, силы трения и ее изменения в процессе опыта. По этим данным строят результирующие графики зависимости коэффициента трения, диаметра пятна износа от температуры, которые и характеризуют способность граничного слоя масла снижать трение и предохранять от износа (рис. 2.7).

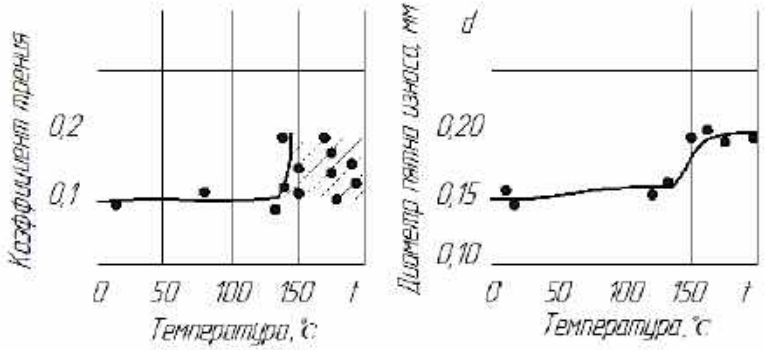


Рис. 2.7. Зависимость коэффициента трения и диаметра пятна износа от температуры при трении стальных шариков и смазке маслом Д1+0,1% стеариновой кислоты

Диаметр пятна износа нижних шариков при работе в диапазоне температур от комнатной до 130°С незначительно возрастает, оставаясь в то же время меньше величины износа, полученного при трении сухих шариков. При температуре 140°С и выше величины износа увеличиваются скачком, достигая значений, характерных для износа сухих шариков. Таким образом, для данного масла температура 140°С является той критической температурой, при которой происходит разрушение слоя масла, возникает металлический контакт и схватывание стальных закаленных поверхностей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные трибологические параметры, определяемые на шариковой машине трения.
2. Поясните особенности трибологических испытаний по схемам «пирамида шариков» и «сфера-кольцо».
3. Как подготовить машину трения к испытаниям?
4. Что характеризует среднее значение диаметра пятна износа?
5. Как определяется коэффициент трения при испытаниях на шариковой машине трения?
6. Что характеризует трибограмма испытаний?
7. Что означает понятие «критическая температура пленки масла»?
8. Поясните особенности трибологических испытаний полимерных материалов.

Лабораторная работа №3. Роликовые машины трения

Цель работы: изучить методы трибологических испытаний с использованием роликовых машин трения.

Задания

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия роликовых машин трения типа СМТ-1, Ш-19, МСЦ-2 и др.

2. Изучить методы оценки изнашивания, момента трения, температуры заедания поверхностей и коэффициента трения при испытаниях на роликовых машинах трения.

Содержание отчета

1. Описать основные этапы подготовки машины трения 2070 СМТ-1 к испытаниям.

2. Пояснить схемы и виды испытания образцов на роликовой машине трения.

3. Пояснить метод замера температуры поверхностей трения при трибологических испытаниях.

Общие сведения

Трибологические испытания масел и присадок предназначены для оценки служебных свойств жидких минеральных и синтетических масел, а также различных типов присадок, вводимых в определенной концентрации в испытуемые масла. Кроме того, трибологические испытания применимы для оценки служебных свойств масел при действии давлений, температур и различных агентов, например фреона, при которых осуществляется работа машины или механизма. Испытания проводят на роликовых машинах по двум схемам: «колодка-ролик» в условиях скольжения; «ролик-ролик» в условиях качения с малым скольжением.

Машина позволяет провести испытания *антифрикционных, противоизносных и противозадирных свойств* смазочных материалов.

По результатам испытаний по схеме «колодка-ролик» строят трибологические характеристики изнашивания материалов при трении – зависимости измеряемых непрерывно в процессе проведения испытаний при ступенчатом нагружении суммарного износа испытуемых образцов, коэффициентов трения и температур поверхности трения образца и испытуемого масла, разогреваемых от выделяющейся при трении теплоты.

По результатам испытаний по схеме «ролик-ролик» строят зависимости вязкости масла от температуры и пьезокоэффициента, вязкости испытуемых масел от контактного давления и суммарной скорости качения, а также определяют суммарный износ испытуемых образцов в процессе проведения испытаний.

Принцип действия машины СМТ-1 заключается в истирании пары образцов, прижатых друг к другу силой Р. В процессе работы на нижнем образце измеряют момент трения. Взаимосвязь всех узлов и механизмов машины представлена на рисунке 3.1.

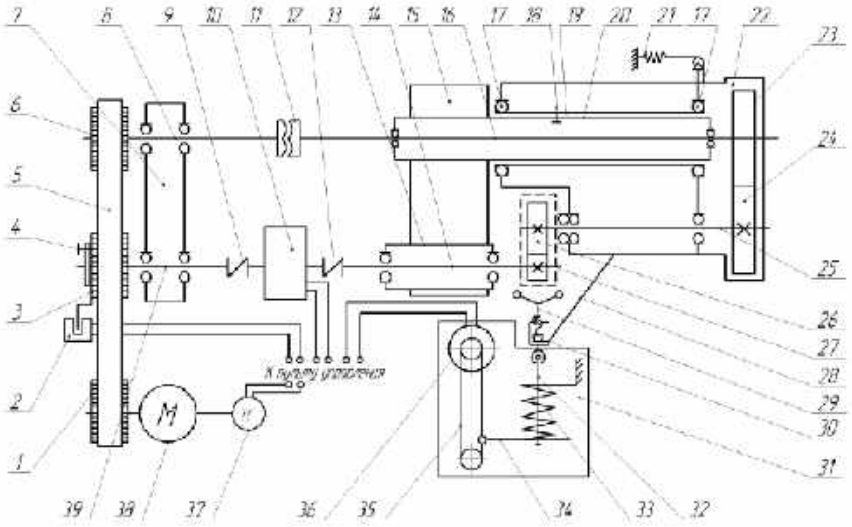


Рис. 3.1. Кинематическая схема машины 2070 СМТ-1:

1 – шкив ременный; 2 – датчик числа циклов; 3 – шкив; 4 – штифт предохранительный; 5 – ремень зубчатый; 6 – шкив сменный; 7 – корпус; 8 – вал; 9 – муфта; 10 – датчик момента; 11 – муфта кулачковая; 12 – муфта; 13 – шпиндель сменный; 14 – вал бабки; 15 – бабка нижнего образца; 16 – вал; 17 – подшипник; 18 – фиксатор; 19 – стакан; 20 – труба; 21 – пружина уравновешивания; 22 – каретка; 23, 24 – шестерня; 25 – вал каретки; 26, 27 – образец; 28 – кронштейн; 29 – ось-винт; 30 – пята; 31 – механизм нагружения; 32 – тяга; 33 – пружина; 34 – планка; 35 – нить; 36 – датчик нагрузки; 37 – датчик скорости; 38 – электродвигатель; 39 – вал

Электродвигатель *38* через зубчатый ремень *5* вращает шкивы *3* и *6*. Шкив *3* через предохранительный штифт *4*, вал *39*, муфту *9*, датчик момента *10*, муфту *12* вращает вал бабки *14*, на котором устанавливают образец *27*. Шкив *6* через вал *8*, кулачковую муфту *11*, вал *16*, шестерни *23* и *24* вращает вал каретки *25*, на котором устанавливают образец *26*. Образцы *26* и *27* прижимаются друг к другу силой пружины *33*. Величину силы нагружения регулируют осью-винтом *29*, который передает нагрузку на образцы через пяту *30*, кронштейн *28* и корпус каретки *22*, возможна передача нагрузки через рычаг испытательной камеры. В процессе работы на машине измеряется момент трения – сигнал поступает с датчика момента *10*; усилие нагрузки на образцы – датчиком нагрузки *36* является прецизионное сопротивление; скорость вращения вала *14* – датчиком скорости *37* является тахогенератор. В процессе работы происходит отсчет числа циклов нижнего образца – датчиком числа циклов *2* служит бесконтактный выключатель. Коэффициент проскальзывания образцов «ролик-ролик» при одинаковом диаметре верхнего и нижнего образцов изменяют, меняя сменный шкив *6*. Диапазон частоты вращения вала нижнего образца изменяют, меняя сменный шкив *1*. Частоту вращения в пределах диапазона изменяют с помощью электродвигателя *38*.

Подготовка машины трения 2070 СМТ-1 к работе. Машина позволяет проводить испытания с различными образцами, нагрузками и частотой вращения образцов, а также коэффициентами трения и проскальзывания. Кроме того, работа может вестись как в камере с различными смазками, так и без камеры. Поэтому в зависимости от поставленной перед испытателем задачей перед испытанием необходимо провести подготовку машины.

Общими операциями до установки образцов являются:

- установка диапазона частоты вращения образцов, которую производят, сменяя шкив на электродвигателе согласно маркировке на шкиве и таблице на крышке;
- установка необходимого шпинделя;
- подключение воды для охлаждения подшипников каретки и шпинделя;
- подготовка к работе электрооборудования.

На рисунке 3.2 приведена кинематическая схема установок Ш19 и Ш19А. Экспериментальные ролики 5 и 6 приводятся во вращение электродвигателем через соответствующие кинематические цепи.

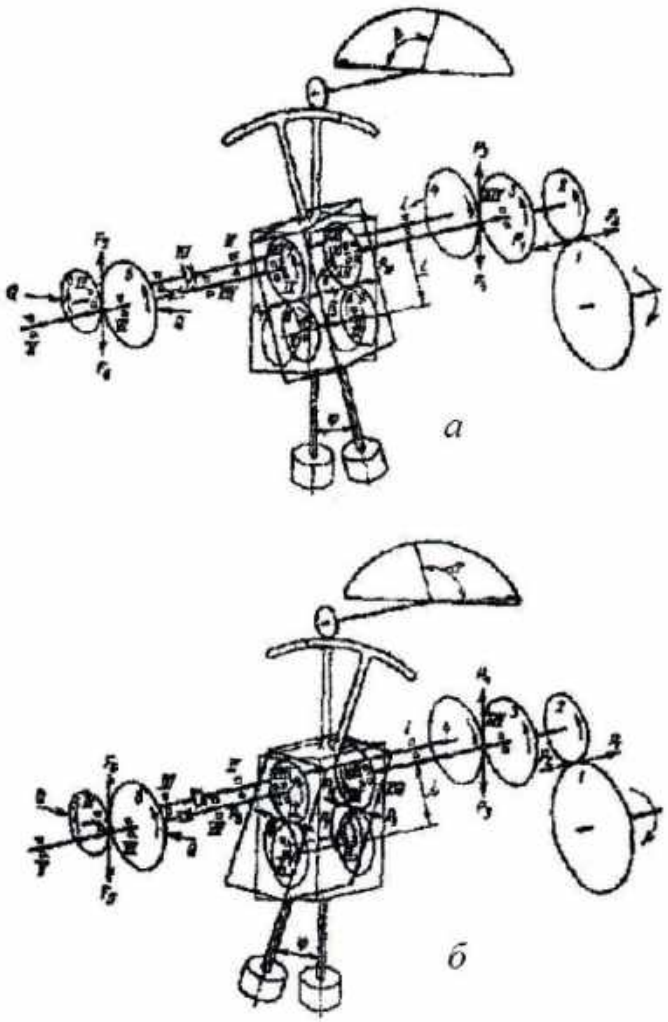


Рис. 3.2. Схемы взаимодействия сил в кинематической цепи установки Ш-19: а – $v_5 > v_6$ (ролик 5 опережающий); б – $v_5 < v_6$ (ролик 5 отстающий); 1…4, 7…10 – зубчатые колеса; 5, 6 – ролик; I…XV – подшипниковые узлы

Ролик *5* получает вращение через зубчатые колеса *1…4*, а ролик *6* – через колеса *1*, *2*, *10…7*. Если ролик *6* является отстающим,

то сила трения $F_б$ поворачивает корпус вместе с шестернями *7...10* по часовой стрелке на угол φ, а измерительное устройство – против часовой стрелки на угол β. Если ролик *6* – опережающий, то меняется направление силы трения $F_б$ и, соответственно, направление поворота корпуса и измерительного устройства.

В качестве экспериментальных образцов на установках Ш19 и Ш19А для испытаний применяются ролики двух конструкций (рис. 3.3, а, б). Термопара для определения температуры ролика заложена в отверстие, высверленное под углом к поверхности ролика диаметром 80 мм на расстоянии 1 мм от поверхности трения.

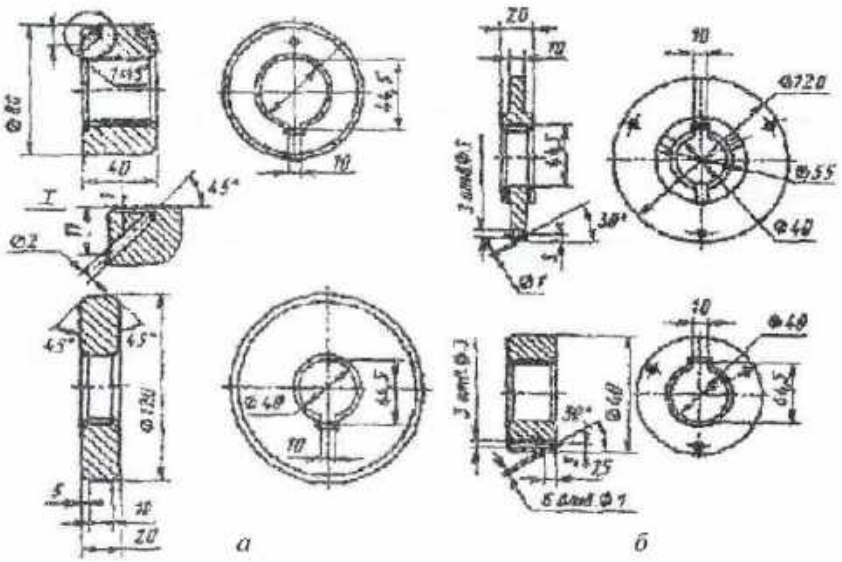


Рис. 3.3. Ролики для испытаний на установках Ш19 (а) и Ш19А (б)

Трибометр СМЦ-2 предназначен для испытания материалов на износ и определение их фрикционных свойств в условиях трения скольжения и трения качения при нормальных температурах для модельных трибосистем, схема которых представлена на рисунке 3.4: «ролик-ролик» (а), «ролик-колодка» (б), «втулка-вал» (в).

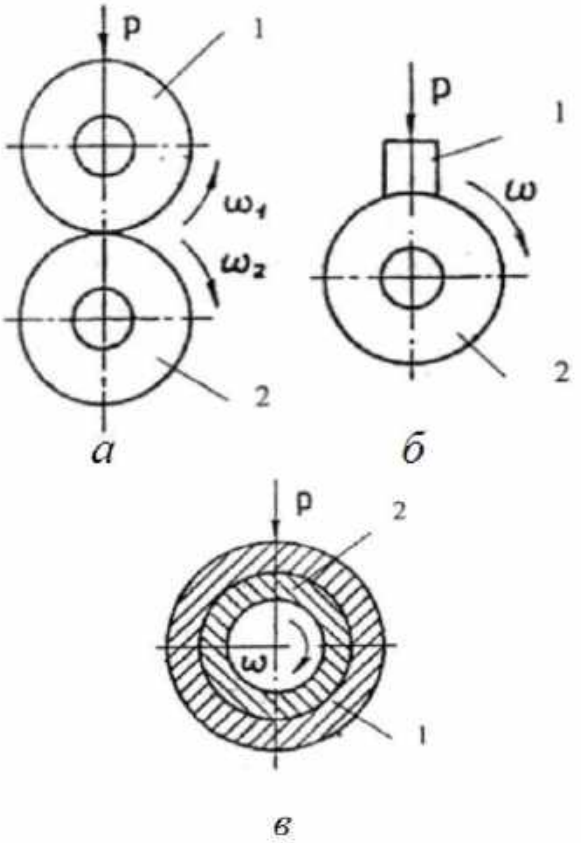


Рис. 3.4. Модельные трибосистемы, реализуемые на трибометре СМЦ-2: 1 – образец; 2 – контртело; а – «ролик-ролик»; б – «ролик-колодка»; в – «вал-втулка»

Пару трения «ролик-ролик» используют для моделирования работы трибосопряжений с линейным контактом элементов, таких как «колесо-рельс» (например, крановые ходовые колёса, перемещающиеся по рельсу) или зубчатое зацепление. При взаимном обкатывании взаимодействующих дисков с некоторым проскальзыванием в зоне их контакта возникают условия нагружения материала, соответствующие нагружению материала зубчатого колеса в какой-либо точке линии контакта (зацепления).

Пара трения «ролик-колодка» используется для моделирования работы трибосопряжений сухого и граничного трения (тормозные колодки и др.). При использовании модельной трибосистемы «втулка-вал» возможно исследование гидродинамической опоры трения.

Трибометр укомплектован приспособлениями для тарировки его силовых систем, а также для проведения испытаний элементов модельных трибосистем «диск-диск» и «диск-колодка» в жидких средах предусмотрено использование специальных камер.

Технические данные трибометра СМЦ-2:

1.	Частота вращения вала контртела, мин$^{-1}$	*300, 500, 1000*
2.	Коэффициент проскальзывания круглых образцов с одинаковыми диаметрами, %	*0, 10, 15, 20*
3.	Максимальный момент трения, Н·м	*15*
4.	Диапазон изменения момента трения, Н·м	*1,5...15*
5.	Диапазон измерения нагрузки, Н	
	диск-диск, диск-колодка	*200...2000*
	вал-втулка	*500...5000*
6.	Потребляемая мощность, кВт	*2,2*
7.	Предел допускаемой погрешности коэффициента проскальзывания	*±5%*
8.	Предел допускаемой погрешности оборотов контртела от измеряемой величины	*±10%*

Кинематическая схема трибометра представлена на рисунке 3.5. Привод вращения образца *8* и контртела *9* осуществляется от электродвигателя *1* посредством клиноременной передачи *2* и шестерен *3*. Клиноременная передача со сменными шкивами, позволяет проводить испытания при малых нагрузках на образец.

В каретке *5*, поворачивающейся вокруг оси вала *4*, расположены сменные шестерни *6*, работающие в масляной ванне, для привода образца *8*. Передаточное отношение этих шестерен определяет степень проскальзывания образца и контртела при испытаниях на трение качения с проскальзыванием.

Для проведения исследований работоспособности трибосистемы в жидких средах трибометр оснащен специальной камерой.

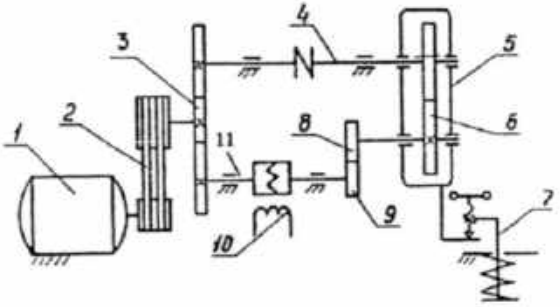


Рис. 3.5. Кинематическая схема трибометра СМЦ-2:
1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача со сменными шкивами;
3 – шестерни привода образца и контртела; 4 – промежуточный вал;
5 – каретка; 6 – сменные шестерни привода образца;
7 – нагружающее устройство; 8 – образец; 9 – контртело;
10 – индукционный датчик момента трения; 11 – торсион

Момент трения измеряется бесконтактным индуктивным датчиком *10* по скручиванию торсионного вала *11*, на котором закреплено контртело *9*. Регистрацию момента трения производят самопишущим потенциометром типа КСП-2. Каретка консольно крепится в бабе нижнего образца. Каретка может быть снята с машины для установки и работы с камерой для образцов «вал-втулка».

Для измерения температуры поверхностей трения применен метод скользящей термопары (рис. 3.6).

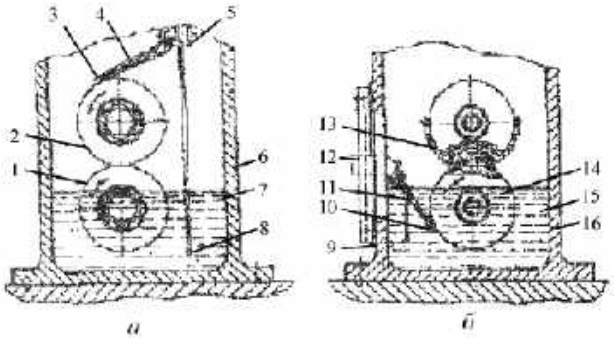


Рис. 3.6. Схема измерения температур поверхности трения и испытуемого масла при испытаниях по схеме:
а – «ролик-ролик»; б – «колодка-ролик»

Спай двух хромель-копелевых термопар *3* или *10* тонкой стальной пластиной *4* или *11*, укрепленной на трубках *5* или *12*, прижат с небольшим усилием к поверхностям трения верхнего ролика *2* (или нижнего *14*), контактирующего с нижним роликом *1* (или с колодкой *13*). Спай двух других термопар *8* или *9* опущен в испытуемое масло *7* (или *15*), залитое в камеру *6* (или *16*). При испытаниях используются четыре термопары, которые вводятся в трубку, вставленную в отверстие камеры; далее две термопары (одну с ролика, другую из испытуемого масла) подсоединяются к потенциометру, а две другие – к высокочувствительным шлейфам осциллографа. Такая схема синхронного измерения и записи на потенциометре и осциллографе позволяет фиксировать температуру поверхности трения ролика и масла, разогреваемого при постоянном объеме масла только за счет теплоты трения, выделяющейся в контакте роликов при их нагружении. С помощью потенциометра определяются температуры поверхности трения и масла, а с помощью осциллографа – изменение их в процессе проведения исследования.

Для измерения момента трения в машине 2070 СМТ-1 служит бесконтактный индуктивный датчик, состоящий из вращающегося ротора и неподвижного статора. Основной частью ротора является торсион, который с помощью муфт включается в силовую цепь машины, где измеряется крутящий момент, возникающий при испытании образцов.

В машинах Ш19 и Ш19А момент трения измеряется при помощи маятникового динамометра при аналогичных условиях для опережающего и отстающего ролика.

На установке СМЦ 2 моменты трения измеряются с помощью индуктивного датчика. Коэффициент трения определяется по формуле:

$$f = 0{,}5(M_{т.оп} + M_{т.от})/(QR), \qquad (3.1)$$

где $M_{т.оп.}$ и $M_{т.от.}$ – моменты трения, измеренные соответственно на опережающем и отстающем ролике, Нм;

Q – нагрузка на ролик, Н;

R – радиус ролика, на котором измеряли момент трения, м.

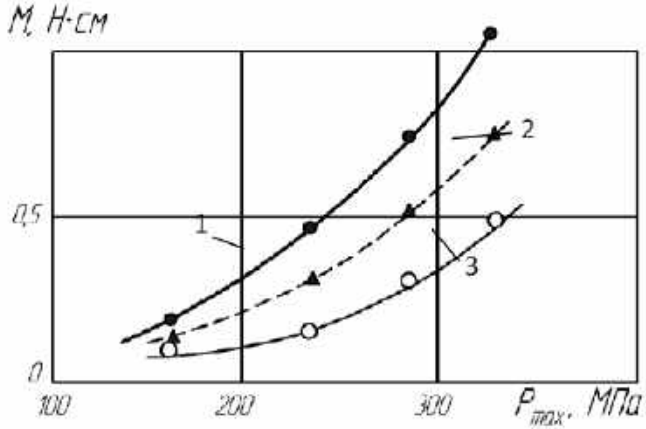


Рис. 3.7. Зависимость момента трения M от контактного давления:
1 – для опережающего ролика; 2 – для отстающего ролика;
3 – кривая средних арифметических значений момента трения

Моменты трения $M_{т.оп.}$ и $M_{т.от.}$ определяли как среднее арифметическое трех последовательно измеренных значений моментов трения при ступенчатом уменьшении нагрузки. На рисунке 3.7 приведена зависимость момента трения от контактного давления для опережающего и отстающего роликов, и кривая среднеарифметических значений момента трения, полученных для роликов из бронзы при смазывании минеральным маслом ХФ12-18.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение трибологических испытаний масел на роликовых машинах трения.
2. Поясните особенности трибологических испытаний по схемам «колодка-ролик», «ролик-ролик», «вал-втулка».
3. В чем заключаются особенности кинематической схемы установки Ш-19?
4. Поясните особенности кинематической схемы машины трения СМЦ-2.
5. Поясните особенности кинематической схемы машины трения СМТ-1.
6. Перечислите способы измерения момента трения на роликовых машинах при проведении трибологических испытаний.
7. В чем проявляется влияние нагрузки и скорости на изменение момента трения образцов?
8. Перечислите методы определения коэффициента трения при испытаниях образцов на роликовых машинах трения.

Лабораторная работа № 4. Оценка трибологических свойств масел на машине трения 2070 СМТ-1

Цель работы: усвоить методику испытания на время до задира на роликовой машине трения 2070 СМТ-1.

Задания

1. Ознакомиться с методикой проведения исследования на машине трения 2070 СМТ-1 по оценке трибологических свойств масел.
2. Провести испытания на машине трения 2070 СМТ-1 и дать анализ трех сортов масел по времени до предзадирного состояния.

Содержание отчета

1. Описать методику испытаний масел по времени до предзадирного состояния.
2. Заполнить протокол испытаний.
3. Провести анализ исследования.

Общие сведения

Для проведения опыта требуются следующие приборы, инструменты и материалы: машина трения 2070 СМТ-1, секундомер, три сорта масел, растворитель (бензин Калоша), пипетка, обтирочный материал.

Роликовая машина трения 2070 СМТ-1 снабжена сменными шестернями, позволяющими изменять скорость скольжения в контакте роликов. При испытаниях были выбраны шестерни, обеспечивающие 15% проскальзывания, что позволило иметь соотношение скорости скольжения и суммарной скорости качения в контакте роликов, равное 0,25 при частоте вращения нижнего ролика 1000 мин$^{-1}$. Нагрузки в контакте роликов 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 Н поддерживаются постоянными в течение опытов. Испытания проводятся на роликах, изготовленных из стали 25ХГТ одной партии. Рабочие поверхности роликов цементируются на глубину 1,5 мм и закаливаются до твердости HRC 58...62. Диаметр верхнего ролика – 35 мм, ширина – 9 мм, диаметр нижнего ролика – 50 мм, ширина – 10 мм. Различие в ширине роликов используется для установки скользящей термопары с целью контроля температурного режима в зоне контакта.

Приработка роликов проводится по специальной методике. Нижний ролик погружается в масляную ванну, машина трения

запускается и ролики нагружаются. На масштабной ленте фиксируются температура в контакте и момент трения между роликами.

При стабилизации контролируемых величин нагрузка увеличивается на 200 Н, а частота вращения на 100 мин$^{-1}$, начиная с 200 Н и 100 мин$^{-1}$ и заканчивая 2000 Н и 1000 мин$^{-1}$. После достижения максимальных значений нагрузки и частоты вращения проводится их постепенное снижение в том же порядке. Приработка не должна превышать 30 минут. После приработки ролики с машины трения снимаются только при противоизносных испытаниях. Подготовка к опытам заключается в промывке роликов бензином либо растворителем и сушке.

Испытания масла проводятся по специальным методикам, которые позволяют:

- определить влияние качества масла на величину момента трения и время до предзадирного состояния роликов;
- определить скорость изнашивания роликов при разных уровнях загрязнения масла абразивными примесями.

Для оценки момента трения и времени до предзадирного состояния используется метод дозированного введения масла в объеме 2 мм^3 в зону контакта. Испытуемое масло наносится с помощью пипетки на поверхность трения нижнего ролика при частоте вращения 60 мин$^{-1}$. Затем верхний ролик приводится в контакт с нижним и устанавливается частота вращения 300 мин$^{-1}$ без приложения нагрузки для равномерного нанесения масла по рабочим поверхностям роликов. Основной этап включает установку требуемой нагрузки и частоты вращения, запись на масштабной ленте момента трения и температуры. Время предзадирного состояния фиксируется по резкому повышению момента трения между роликами.

При износных испытаниях смазка осуществляется погружением нижнего ролика на глубину 5 мм в масляную ванну объемом 170 мм^3. Продолжительность испытаний составляет 1 час при нагрузке 2000 Н и частоте вращения 1000 мин$^{-1}$ с предварительной приработкой в течение 15 минут с постепенным повышением нагрузки. Подготовка к испытаниям включает промывку роликов, сушку до постоянной массы, взвешивание и установку на машину трения. После испытаний ролики тщательно промываются, просушиваются и повторно взвешиваются на аналитических весах ВЛА-200М с точностью до 0,2 мг.

Скорость изнашивания роликов U определяется по формуле:

$$U = \frac{Q}{0{,}1S \cdot t \cdot \rho}, \text{ г/ч}, \qquad (4.1)$$

где: Q – массовый износ роликов, г;

S – площадь поверхности трения, см^2;

t – время испытаний, ч;

ρ – плотность материала роликов, г/см^3.

Для оценки влияния абразивных примесей применяется кварцевая пыль с удельной поверхностью 10500 см^2/г по ГОСТ 8002-2020 «Двигатели внутреннего сгорания. Воздухоочистители. Методы стендовых безмоторных испытаний». Для определения противоизносных свойств масел приготавливаются экспериментальные навески масла объемом 500 мл с содержанием абразивных частиц 0; 0,5; 0,10; 0,15; 0,20 и 0,25 %, что осуществляется по стандартным методикам в лабораторных условиях. Необходимая масса абразивной пыли (m_a, г) для приготовления навески масла при малых уровнях загрязнения определяется по формуле:

$$m_a = 0{,}01(\gamma_a - \gamma_{a0}) \cdot V_H \cdot \rho_M, \text{ г}, \qquad (6.2)$$

где γ_a – необходимое содержание абразивных примесей в масле, %;

γ_{a0} – содержание абразивных примесей в свежем масле, %;

V_H – объем экспериментальной навески масла, мм^3;

ρ_M – плотность масла, г/мм^3.

С целью равномерного распределения абразивных примесей экспериментальная навеска масла разогревается до температуры 70...80 °С и перемешивается в течение 1 часа.

Результаты испытания проб масел.

Таблица 4.1

Протокол испытаний

Нагрузка, Н = _____; *Частота вращения, мин$^{-1}$* = _____;

Сорт масла: 1 – _____; *2 –* _____; *3 –* _____.

Масло	1	2	3
Время до задира, с			
Момент трения, Н·м			

После испытания необходимо провести анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Поясните структуру методики испытаний масел на машине трения 2070 СМТ-1.
2. Какие существуют возможности для изменения условий испытаний на машине трения 2070 СМТ-1?
3. Поясните серповидную форму изменения момента трения на масштабной ленте при разных видах испытаний.
4. В чем заключаются особенности подготовки роликов к испытаниям?

Лабораторная работа № 5. Оценка трибологических свойств масел на машине трения МАСТ-1

Цель работы: оценить трибологические свойства масел на шариковой машине трения МАСТ-1.

Задания

1. Ознакомиться с методикой исследования.
2. Оценить трибологические свойства масел на шариковой машине трения МАСТ-1.
3. Провести испытания на машине трения МАСТ-1 и дать анализ масел по пятну износа.

Содержание отчета

1. Описать методику испытаний.
2. Заполнить протокол испытаний.
3. Провести анализ исследования.

Общие сведения

Противоизносные свойства экспериментальных проб масел оцениваются по диаметру пятна износа нижних шариков на четырехшариковой машине трения МАСТ-1 при соблюдении соответствия удельных давлений в контакте шариков и температуры масла в объеме.

Для проведения опыта требуются следующие приборы, инструменты и материалы: машина трения типа МАСТ-1, микроскоп

с окуляр-микрометром, два сорта масла, бензин или растворитель, обтирочный материал.

Подготовка к опыту состоит в промывании шариков и всех контактирующих с маслом деталей узла трения бензином или растворителем, высушивании, тщательном перемешивании и подогреве масла в сушильном шкафу до температуры 75 °С. Затем масло перемещается в узел трения. Осевая нагрузка во время опыта устанавливается постоянной (50...500 Н), частота вращения верхнего шарика 1500 мин$^{-1}$, продолжительность опыта 20 мин. Температура масла во время опыта поддерживается на уровне 75±2 °С специальным подогревающим устройством машины трения и контролируется с помощью хромель-копелевой термопары и электронного потенциометра типа ЭВП2-11А.

Измерение диаметра пятна износа проводится при помощи микроскопа с окуляр-микрометром в двух перпендикулярных направлениях на каждом из трех нижних шариков. Обойма с шариками устанавливается на столике, который крепится под углом 35°16', что обеспечивает нормальное расположение площадки износа по отношениям к оптической оси микроскопа. Опыты проводятся с трехкратной повторностью, обеспечивающей получение надежною результата.

Таблица 5.1

Результаты испытания проб масел

Протокол испытаний:

Нагрузка, Н = _____; *Частота вращения, мин$^{-1}$* = _____;

Сорт масла: 1 – _____; *2 –* _____.

Масло	1	2
Диаметр пятна износа ($Д_и$), мм	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Среднее значение $Д_{ср}$, мм		

Анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Поясните структуру методики испытаний масел на машине трения МАСТ-1.
2. Для чего обойма с шариками устанавливается под углом 35°16'?
3. Сформулируйте любую другую методику испытаний на машине трения типа МАСТ-1 с учетом моделируемой пары трения.
4. Поясните особенности метода изменения осевой нагрузки.

Лабораторная работа № 6. Экспресс-анализ свойств новых и отработанных масел

Цель работы: изучить метод экспресс-оценки основных физико-химических свойств масел в полевых условиях.

Задания

1. Ознакомиться с приборами и методиками испытаний для проведения экспресс анализа масла (лаборатория «Экспресс-ВИИТиН»).

2. Провести испытания и дать анализ показателей различных масел.

Содержание отчета

1. Перечислить приборы экспресс-анализа и кратко изложить правила их использования.

2. Заполнить протокол испытаний и провести анализ результатов оценки свойств масел.

Основные сведения

Контроль вязкости масла. Методика заключается в сравнении скоростей течения проверяемого масла по измерительному каналу (желобку) и качения шарика в стеклянной трубке с эталонным маслом.

Для проверки вязкости масла необходимо выполнить следующие операции:

- вывести шарик в эталонном элементе в исходное положение, поставив вискозиметр в вертикальное положение надписью «стоп» вверх. При этом шарик должен занять стартовое положение у пробки-заглушки стеклянной трубки;

- положить вискозиметр на горизонтальную поверхность и залить в овальную емкость корпуса проверяемое масло до такого уровня, чтобы оно начало переливаться в емкость для сбора излишков. Не допускается попадание масла в прорезь, соединяющую желобок с овальной емкостью;

- выдержать вискозиметр с залитым в него маслом 4…5 минут; если масло было горячим или же принесено с мороза, то выдержку продлить до 8…10 минут;

- плавно (двумя руками) перевести вискозиметр в наклонное положение так, чтобы его скошенная часть разместилась строго в горизонтальной плоскости на поверхности лабораторного стола.

Наблюдать за перемещением шарика в эталонной стеклянной трубке и течением проверяемого масла по измерительной канавке (желобку);

- когда шарик в трубке или масло в канавке достигнет линии «стоп», плавно вернуть вискозиметр в горизонтальное положение.

По шкале вискозиметра определить вязкость проверяемого масла (рис. 6.1).

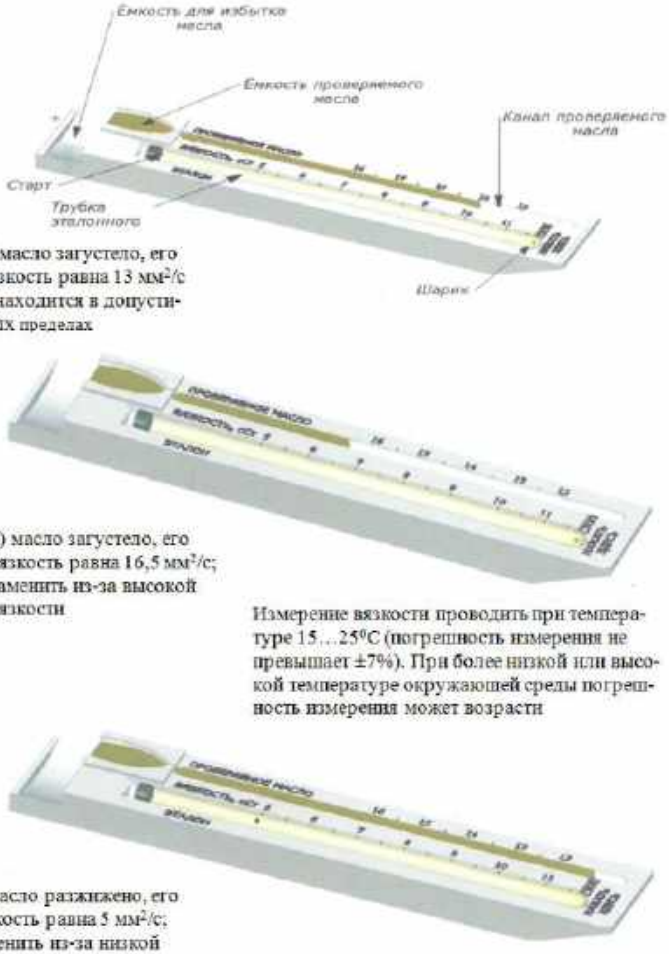


Рис. 6.1. Вискозиметр

При использовании вискозиметра руководствуются следующим правилом:

- если первым линии «стоп» достигло масло в канавке, то вязкость определяют по шкале эталонной стеклянной трубки;

- если первым линии «стоп» достиг шарик, то вязкость определяют по шкале измерительной канавки;

- численное значение вязкости соответствует числу, указанному на шкале, против которого находится отставший шарик или отставшее масло;

- после каждого измерения тщательно промыть вискозиметр в бензине или керосине и протереть мягкой ветошью. Следить за чистотой прорези.

Внимание! Перед первым в течение дня измерением необходимо промыть вискозиметр бензином или керосином и протереть ветошью. Во избежание ошибки измерение проводить не менее двух раз. Измерение вязкости проводить при температуре 15…25 °С (погрешность измерения не превышает ±7 %). При более низкой или высокой температуре окружающей среды погрешность может возрасти.

Контроль загрязненности масла. Порядок действий:

- поместить лист фильтровальной бумаги между пластинками планшета-рамки и собрать его, установив на ножки;

- опустить конец стеклянного (или металлического) стержня в стаканчик с проверяемым маслом, поднять стержень и выждать, пока капли будут стекать с него с интервалом в 3…4 секунды. Затем нанести с высоты 5…10 мм одну каплю масла на фильтровальную бумагу через круговую прорезь планшета-рамки;

- установить под круговой прорезью планшета-рамки с нанесенной каплей электронагревательный элемент, разместив его на подставке, включить в электросеть напряжением 220 В;

- после прогрева масляного пятна в течение 10 мин, выключить электронагреватель и сравнить хроматограмму масляного пятна с образцами эталонов загрязненности по фотографии; найти близкое по внешнему виду (цвету и плотности пятна) изображение, записать значение загрязненности, соответствующее выбранному изображению (табл. 6.1).

Определение загрязненности по данной методике используется только для работающих и работавших масел, их смесей с другими маслами. Нужно иметь в виду, что для масел, использованных в двигателях, характерно насыщение их углеродистыми

частицами (сажей), асфальто-смолистыми соединениями, которые придают масляному пятну черно-серый цвет с блестящим слоем. Для масел, использованных в других узлах и агрегатах, внешний вид пятна износа будет отличаться от приведенного.

Таблица 6.1

Эталоны масляных пятен
для оценки загрязненности моторного масла

Описание внешнего вида пятна оцениваемого масла	Внешний вид эталона	Содержание механических примесей, %
Светлое желтоватое пятно		0,00-0,01
Светлое желтоватое пятно со слабо выраженной окантовкой ядра		0,01-0,05
Желтовато-серое пятно с явно выраженной более темной окантовкой ядра		0,05-0,10
Серое пятно с резко выраженной темной окантовкой ядра		0,10-0,30
Темно-серое пятно, ограниченное черной окантовкой		0,30-0,80
Сплошное черное пятно с блестящим слоем в центре или по всей поверхности пятна		0,8 и более

Оценка диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) моторного масла. Диспергирующе-стабилизирующие свойства моторного масла обусловлены действием присадки, которая препятствует укрупнению частиц загрязнений, выпадению их в осадок, образованию отложений в каналах и на деталях двигателя, уменьшает нагаро- и лакообразование.

Постепенное срабатывание присадки и ухудшение ДСС масла заметно проявляется в изменении внешнего вида масляного пятна. Это позволяет одновременно с оценкой загрязненности методом капельной пробы выявить и ДСС проверяемого масла. С этой целью хроматограмму масляного пятна сравнивают с образцами пробы, приведенными на фотографии (рис. 6.2) или специальном планшете.

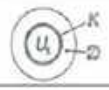
	масло очень хорошее		*масло хорошее*		
					
Б	1	2	3	4	5
Ц	светло-серый-белый	светло-серый-белый	серый	темно-серый	черный
К	серый	серый-темно-серый	темно-серый	темно-серый-черный	черный
Д	светло-серый	серый	серый-темно-серый	темно-серый	темно-серый-черный
	Внимание!		***масло плохое***		***схема***
					
	запас присадки недостаточен		присадка сработалась		
Б	6	7	8	9	**Б** – число баллов
Ц	черный, отдельные блестящие места	черный, слабо блестящий	густо-черный, блестящий	густо-черный, сильно блестящий	**Ц** – центр пятна
К	черный	черный	черный	черный	**К** – зона кромки
Д	темно-серый-черный	темно-серый-черный	темно-серый-черный	отсутствует	**Д** – зона диффузии

Рис. 6.2. Шкала образцов капельной пробы
(для оценки диспергирующе-стабилизирующих свойств моторных масел)

Черный цвет центра масляного пятна и появление блестящего слоя загрязнений указывают на то, что ДСС масла исчерпаны и в двигателе интенсивно идут процессы нагаро- и лакообразования.

Хорошее по ДСС масло соответствует эталонам с оценкой в баллах от 1 до 5. Очень плохое масло по ДСС с оценкой в баллах 8…9.

На фильтровальной бумаге масло неудовлетворительное по ДСС оставляет, как правило, мажущееся, плохо высыхающее черное или черно-блестящее пятно без зоны диффузии мелких частиц. Такое масло должно быть немедленно заменено.

Контроль щелочного числа моторного масла. В процессе использования масла в двигателе в нем накапливаются кислые продукты окисления углеводородной основы и сгорания топлива. Антиокислительные присадки в маслах нейтрализуют действие этих кислых продуктов и за счет этого обеспечивают снижение износа деталей, предотвращают загрязнение масла продуктами окислительной полимеризации углеводородов и связанные с этим закоксовывание поршневых колец, забивание каналов и дренажных отверстий. Показателем противоокислительных (нейтрализующих) свойств моторных масел с присадками является щелочность масла (щелочное число – Щч). Для обеспечения нормальной эксплуатации щелочное число свежего масла должно быть не менее: для среднефорсированных двигателей – 3,5...4,0; для высокофорсированных – 6,0…6,5 мг КОН/г. В процессе использования щелочное число масла уменьшается и при его снижении до определенного уровня масло должно быть заменено. Этот уровень для высокофорсированных двигателей установлен равным 2,5 мг КОН/г, для среднефорсированных – 1,5 мг КОН/г.

Порядок контроля щелочного числа следующий:

- взять из комплекта стеклянный пузырек и заполнить его на половину объема дистиллированной водой;

- взять одну полоску желтой индикаторной бумаги, свернуть ее и поместить в пузырек с дистиллированной водой;

- взять мерную пробирку, налить в нее 2 $см^3$ (мл) растворителя, затем растворитель перелить в стеклянный пузырек с водой и индикаторной бумагой;

- взять стеклянную палочку, опустить ее в проверяемое масло и, подняв палочку, выждать, пока капли начнут падать с интервалом в 3…4 секунды. Одну-две капли масла добавить в стеклянный пузырек;

- закрыть стеклянный пузырек пробкой и тщательно взболтать, дать отстояться в течение 3…5 минут. Изменение окраски раствора в пузырьке хорошо заметно;

- по изменению цвета раствора в пузырьке определить щелочное число проверяемого масла, сравнив его с цветовыми эталонами в данной инструкции:

Желтый цвет раствора – менее 1,5 мг КОН/г;

Зеленый цвет раствора – от 1,7 до 2,5 мг КОН/г;

Синий цвет раствора – более 3 мг КОН/г;

- после определения щелочного числа масла стеклянный пузырек необходимо промыть спиртом, толуолом или бензином (керосином или чистым дизельным топливом и протереть ватным или марлевым тампоном).

Внимание! Категорически запрещается промывать стеклянный пузырек водой или водными растворами моющих средств, так как это при последующем его использовании обязательно приведет к ошибке в определении щелочного числа масла.

Контроль наличия воды в масле. В работающем моторном масле почти всегда содержится вода. В масло вода попадает в виде паров, содержащихся в воздухе при вентиляции картера, а также из-за нарушения герметичности уплотнительных устройств в блок-картере двигателя. При работе двигателя вода частично испаряется из масла и, как правило, содержится в нем в виде мелкодиспергированных глобул, которые очень трудно отделить при отстое. Масло необходимо заменить, если содержание воды превышает 0,3 %.

Порядок контроля наличия воды в масле следующий:

- вставить рабочий элемент (медную пластинку) в электронагревательный элемент и установить элемент на специальную подставку;

- включить электронагревательный элемент в электросеть напряжением 220 В. Рабочий элемент (медную пластинку) разогревать в течение 4…5 мин;

- пробу проверяемого масла тщательно перемешать стеклянной палочкой и затем нанести 2…3 капли масла на разогретую медную пластинку.

Вместо нанесения капель допускается погружать разогретую медную пластинку в масло на глубину 2…3 см.

При наличии воды в масле отмечается характерное потрескивание или вскипание капель масла на пластинке.

Если слышится непрерывный сильный треск, то содержание воды превышает 0,25 %. При слабом шипении и редком потрескивании с интервалом в 2…3 секунды содержание воды в масле составляет от 0,08 до 0,2 %. Слабое шипение, образование мельчайших пузырьков свидетельствует о незначительном содержании воды в масле – от 0,02 до 0,05 %;

- выключить электронагревательный элемент, дать ему остынуть и удалить остатки масла с медной пластинки.

Уложить элементы в разобранном виде и подставку в отведенные для них места.

Запрещается включать электронагревательный элемент в непосредственной близости от легковоспламеняющихся жидкостей и прочих огнеопасных предметов.

Решение по результатам экспресс-анализа. Анализ качества масла целесообразно проводить при каждом ТО-1 трактора, комбайна, автомобиля. Принятие правильного решения облегчается, если ведется систематический контроль качества масла в двигателе, а результаты оформляются в журнале наблюдений. Форма такого журнала приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Журнал наблюдений

Машина (трактор, комбайн, автомобиль) №___

Дата проведения анализа	Показатели					Заключение о пригодности масла к использованию
	Вязкость, $мм^2/с$	Загрязненность, %	ДСС, баллы	Щелочное число, мг КОН/г	Содержание воды, %	

Систематический контроль качества масла в двигателе позволяет оценивать и прогнозировать состояние как масла, так и двигателя, ускоряет поиск и устранение возникающих неполадок.

Плавное, постепенное изменение значений показателей свидетельствует об исправности двигателя и правильной его эксплуатации. Резкое изменение значений любого из контролируемых показателей – это сигнал о том, что в двигателе произошли неполадки или же нарушены правила его эксплуатации.

Нарушения правил эксплуатации:

- длительная работа на холостом ходу и при низком температурном режиме;
- ошибочный долив маловязкого или обводненного масла;
- несвоевременная замена фильтров и т.п.

Снижение вязкости масла происходит из-за попадания в него топлива, поэтому следует принять все меры к тому, чтобы топливная система находилась в исправном и отрегулированном состоянии.

Резкое увеличение вязкости масла, потемнение центрального ядра капельной пробы и уменьшение зоны диффузии мелкодиспергированных частиц свидетельствует о большом прорыве газов в картер из-за износа или потери подвижности поршневых колец, неполного сгорания топлива из-за перегрузок дизеля, загрязнения воздухоочистителя, плохого распыла топлива форсунками, низкого давления наддува, забивания или плохой работы маслофильтра.

При значениях показателей, близких к предельным, масло целесообразно заменить, особенно если предстоит напряженная и длительная работа. Не допускается даже кратковременная работа на сильно обводненном или маловязком масле, при снижении щелочного числа до 0,5…1,0 мг КОН/г. Это аварийные режимы эксплуатации с дорогостоящими издержками.

Результаты испытания проб масел.

Таблица 6.3

Протокол испытаний

Масло	1	2	3
Вязкость, мм^2/с			
Механические примеси, %			
Щелочное число, мг КОН/г			
Наличие воды, %			

Дать анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Перечислите приборы экспресс-анализа и кратко изложите правила их пользования.
2. Поясните факторы, ухудшающие качество смазочного масла.
3. Поясните влияние изменения показателей масла на работу двигателя.

Лабораторная работа №7. Методы восстановления отработанных масел в условиях потребителя

Цель работы: изучить основные способы и технологическое оборудование для восстановления отработанных масел в условиях потребителя с целью повторного использования в смазочных и гидравлических системах.

Задания

1. Ознакомиться с рациональными методами использования масел в сельскохозяйственной технике.

2. Изучить методы сбора и восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Содержание отчета

1. Представить и пояснить структурную схему рационального использования масел в с.х. технике.

2. Обосновать принцип формирования групп загрязненности отработанных масел.

3. Изобразить и пояснить схему технологического процесса восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Общие сведения

Тракторы, самоходные комбайны и автомобили являются одним из основных потребителей моторных и трансмиссионных масел. Моторные масла широко используются в гидросистемах и силовых передачах энергонасыщенных тракторов и комбайнов. Это придает особую актуальность сельскохозяйственной химмотологии.

Химмотологической основой рационального использования масел в сельскохозяйственной технике являются правильный выбор сорта масла, оптимизация масляной емкости и регламентированного срока службы, а также возможность повторного использования отработанных масел после их очистки и восстановления.

Изменение физико-химических и эксплуатационных свойств масел происходит при их хранении, заправке в смазочные и гидравлические системы и в процессе их эксплуатации. При хранении и заправке масел в смазочные и гидравлические системы машин происходит их обводнение и загрязнение механическими примесями, а также возможно испарение легких фракций и окисление

масел, вызывающих изменение их вязкости. Во время работы машин и механизмов, особенно двигателя, физико-химические свойства непрерывно ухудшаются, что обусловлено процессами окисления, срабатыванием присадок, накоплением кислых и нерастворимых продуктов и механических примесей (рис. 7.1).

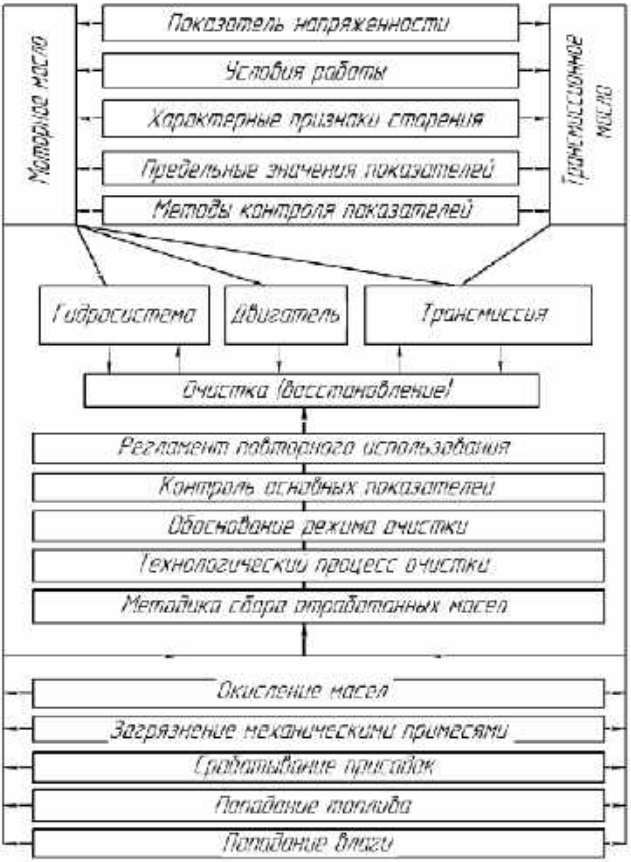


Рис. 7.1. Структурная схема рационального использования масел в с.х. технике

Старение масел при работе в двигателе представляет собой сложный процесс, так как масло подвергается комплексному воздействию высокой температуры, кислорода воздуха, продуктов сгорания топлива и изнашивания деталей двигателя, а также

посторонних примесей. Происходит не только интенсивное накопление смолисто-асфальтеновых веществ, но и перестройка их общей структуры. На процесс старения влияют и количественные изменения, вызванные испарением легких масляных фракций, угаром и частичной утечкой через уплотнительные устройства.

При оценке работавших масел с целью определения запаса их качества результаты анализа проб сравнивают со стандартными значениями и предельно допустимыми браковочными значениями.

Анализ режимов смазки сельскохозяйственной техники показывает (рис. 4.1), что в процессе эксплуатации превалирующее значение имеют такие аспекты, как показатель напряженности работы масла, условия работы и характерные признаки старения, предельные и допустимые значения показателей масла и методы их контроля.

Правомерно предположить возможность повторного использования отработанных моторных масел после их очистки и восстановления в условиях потребителя для работы в гидросистемах и силовых передачах энергонасыщенных тракторов и комбайнов, где рекомендуется использование моторных масел. Процессу очистки с целью повторного использования могут подвергаться и трансмиссионные масла.

Задачи очистки и восстановления отработанных масел определяются признаками их старения, среди которых необходимо выделить окисление, загрязнение механическими примесями, срабатывание присадок и попадание влаги. Для моторных масел характерно также попадание топлива. Указанные факторы являются исходными для обоснования технологического процесса очистки и восстановления отработанных масел. Реализация технологического процесса очистки масел в условиях сельскохозяйственных предприятий связана с решением ряда технологических и организационных мероприятий, исключающих значительные экономические затраты, применение опасных реагентов, сложность утилизации отходов и т.д.

Результаты исследований показали, что отработанное в двигателях и силовых передачах тракторов и автомобилей масло можно использовать повторно по прямому назначению, очистив его от механических примесей, воды и топливных фракций. Тогда экономически целесообразно производить очистку отработанных масел при районных ремонтно-технических предприятиях или при

районных пунктах технического обслуживания (в условиях потребителя масел), где концентрируется основная техника. Наиболее сложным вопросом здесь является организация сбора отработанных масел и доставка их на пункт очистки. Сбор масел должен производиться строго по группам в соответствии с ГОСТ 21046-81 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия». Главная идея этого ГОСТа сводится к тому, чтобы не допустить смешивание масел различных групп и хранение отработанных масел в открытых и негерметичных емкостях.

Однако наличие в хозяйствах в основном энергонасыщенных тракторов упрощает задачу сбора отработанных масел по сортам. Эти тракторы являются основными потребителями масла, большую часть которого составляет моторное – группы «D» или «F», смешивание которых допускается. Следовательно, в каждом хозяйстве на центральной нефтебазе достаточно установки двух герметически закрытых емкостей – для сбора отдельно отработанных моторных и трансмиссионных масел. Накопившееся в них масло в последующем вывозится на пункт очистки.

Предварительный расчет объема отработанного масла, подлежащего очистке, производится из условий общего годового расхода масел всеми видами техники на выполнение сельскохозяйственных работ в масштабах районного АПО, по формуле:

$$V = V_{ПМ} + V_{то} + V_{у} + V_{д}, \qquad (7.1)$$

где V – общий расход масел на все виды сельскохозяйственной техники районного АПО, л;

$V_{ПМ}$ – объем масла, расходуемый центральными мастерскими на обкатку отремонтированных машин, л;

$V_{то}$ – объем масла, расходуемый на проведение регламентированных технических обслуживании с.х. техники, л;

$V_{у}$, $V_{д}$ – объем масла, расходуемый на возмещение угара в двигателях и утечек в гидроагрегатах и агрегатах трансмиссий, л.

Все составляющие определяются индивидуально на каждую марку машины с учетом сорта применяемого масла, объема системы смазки, объема выполняемых работ и количества проведенных регламентированных техобслуживаний.

Как правило, техническое обслуживание тракторов производится или силами самих хозяйств, или по договорам с районными станциями технического обслуживания. Районные СТО проводят обслуживание техники двумя путями – или методом выезда в хозяйства на передвижных средствах, или с помощью стационарного пункта, куда техника доставляется своим ходом. В связи с этим возможны несколько способов сбора отработанных масел (рис. 7.2):

- сбор масел из обслуживаемого трактора *8* в передвижную емкость с последующим перекачиванием его насосной станцией *2* в резервуар *3*;

- сбор масел в емкости для отработок, расположенные на передвижных СТО 9 и слив его впоследствии в резервуар 3;

- сбор масел в емкости для отработок, специально оборудованные для этого и расположенные непосредственно в хозяйствах, с последующим вывозом собранного масла на пункт очистки.

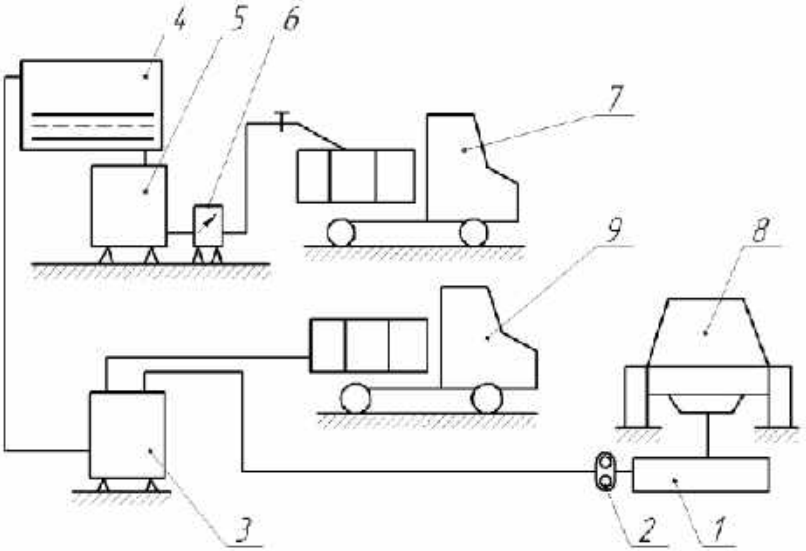


Рис. 7.2. Схема сбора отработанных и выдачи очищенных масел:
1 – передвижная емкость для сбора отработок; 2 – насосная станция; 3 – резервуар для сбора отработанных неочищенных масел; 4 – технологическая линия очистки отработанных масел; 5 – резервуар для хранения очищенных отработанных масел; 6 – маслораздаточная колонка; 7 – транспортное средство раздачи очищенных масел; 8 – обслуживаемый трактор; 9 – транспортное средство доставки отработанных масел из хозяйств

Собирать отработанные масла необходимо по маркам – моторные и трансмиссионные раздельно. Не собирать очень сильно загрязненные и разбавленные топливом масла. Накопленные отработанные масла из резервуара *3* поступают на технологическую линию очистки *4*, после чего они собираются в резервуаре *5* и с помощью маслораздаточной колонки *6* выдаются или непосредственно в тракторы, или развозятся по хозяйствам.

Исходя из условий загрязнений отработанных масел и необходимой степени их очистки, на кафедре «Тракторы и автомобили» разработан пункт очистки ПРМ-1, предназначенный для использования в районных ремонтно-технических предприятиях (рис. 7.3).

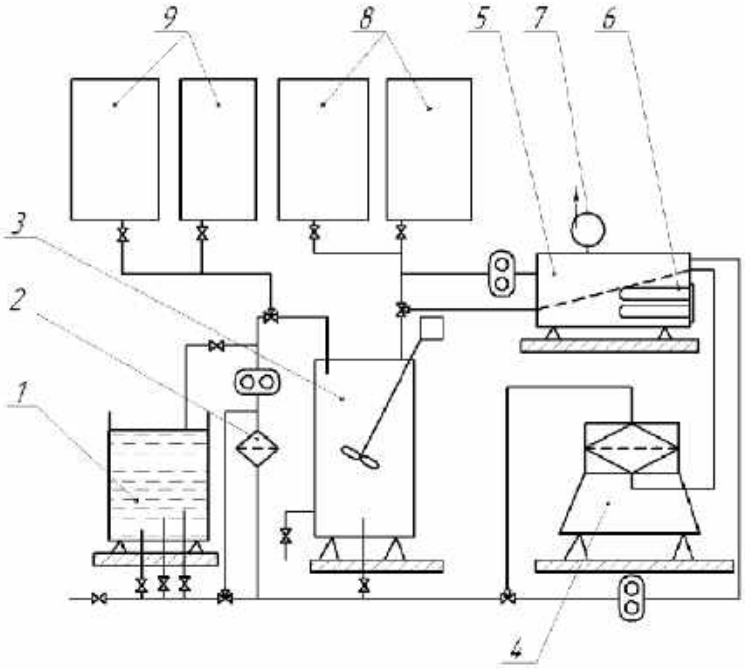


Рис. 7.3. Технологическая схема пункта очистки отработанных масел:
1 – отстойник отработанного масла; 2 – магнитный фильтр;
3 – смеситель-коагулятор; 4 – отделитель механических примесей;
5 – испаритель воды и топливных фракций; 6 – электронагреватель;
7 – вакуумный насос; 8 – емкость для сбора очищенных масел;
9 – емкость для сбора отработанных масел

Пункт очистки состоит из маслосклада и участков: разогрева и химической обработки масел *3*, *6*; отстаивания химически обработанных масел *1*; очистки масел от механических примесей и свободной воды сепаратором-очистителем *4*; удаления из масел растворенной воды и топливных фракций пленочно-испарительным методом в вакууме *5*, *7*. В маслоскладе установлены четыре резервуара *8*, *9* объемом по 5 м^3, два из которых служат для сбора отработанных моторных и трансмиссионных масел отдельно, а два других для хранения и раздачи очищенных моторных и трансмиссионных масел. Резервуары соединены трубопроводами и отдельными кранами с соответствующими участками, а так же оборудованы устройствами для приема отработанных масел и выдачи их после очистки.

Маслоочистительная установка ПСМ2-4 состоит из сепаратора, электронагревателя с вакуумбаком, вакуумного насоса, шкафа управления, общей рамы. Работа маслоочистительной установки может осуществляться в следующих режимах:

- кларификация под атмосферным давлением;
- кларификация под вакуумом;
- пурификация.

Кларификация под атмосферным давлением применяется для очистки масла преимущественно только от механических примесей (очистка методом кларификация). Кларификация под вакуумом применяется при очистке масла от механических примесей с одновременным выпариванием воды и топливных фракций пленочно-испарительным методом (очистка методом сушки).

При очистке масла методом пурификации, как преимущественном методе очистки его от воды, происходит также частичная очистка масла от механических примесей.

При работе установки в режиме кларификации под атмосферным давлением разогретое загрязненное масло забирается из емкости нагнетательной секцией насоса по трубопроводу и подается в барабан сепаратора. Барабан является основным рабочим органом сепаратора, в котором происходит отделение воды и механических примесей из отработанного масла. Очищенное в барабане масло сливается в вакуум-бак *5* как в проходную емкость. Из вакуумбака чистое масло забирается откачивающей секцией насоса. Отделившиеся в барабане сепаратора от масла механические примеси

откладываются в виде осадка на внутренней цилиндрической поверхности корпуса барабана. Работа установки в режиме кларификации под вакуумом отличается только тем, что необходимо дополнительное включение вакуумного насоса 7, создающего необходимое разрежение в вакуумбаке. Это способствует быстрому испарению из масла воды и топливных фракций, так выходящее из барабана сепаратора масло попадает тонким слоем на разогретую поверхность электронагревателя, помещенного внутри вакуумбака. Пары воды и топливных фракций отсасываются вакуумным насосом.

Для работы барабана в режиме пурификации в нем обязательно создается водяной затвор: когда барабан сепаратора достигнет полной частоты вращения, следует снять пробку на маслосборнике и с помощью воронки вливать воду до тех пор, пока вода начнет отливаться через патрубок отсепарирования воды. После создания водяного затвора необходимо обеспечить плавную подачу отработанного масла до максимально возможного. Быстрая подача масла в барабан может повлечь потерю водяного затвора. В барабане на режиме пурификации происходит разделение двух сред – воды и масла, каждая из которых отводится по отдельным каналам.

Технология очистки отработанных масел определяется количественным и качественным составом загрязнителя, накопленного в них и определенного экспресс-методом. Для этого отработанные масла разбиты на четыре условных группы (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Группы загрязненности и способы очистки отработанных масел

Наименование показателя	Группа загрязненности и режим очистки			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Массовая доля механических примесей, в т.ч.	0…0,25	0,25…1,0	1,0…2,0	2,0…3,0
несгораемых	0…0,15	0,15…0,75	0,75…1,25	1,5…2,5
сгораемых	0…0,1	0,1…0,25	0,25…0,75	0,5
Массовая доля воды, %	0…5,0	0…5,0	0…0,1	0…0,5
Температура вспышки, °С	170…200	180…220	190…200	160…170

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Режим очистки	Разогрев, обработка водой-коа-гулянтом, отстаивание. Очистка методом пурификации. Выпаривание воды и топлива под вакуумом.	Разогрев, обработка водой-коагулянтом. Отстаивание. Очистка методом кларификации под вакуумом.	Разогрев, химическая обработка коагулянтом-осветлителем. Отстаивание. Очистка методом кларификации под атмосферным давлением.	Разогрев, химическая обработка коагулянтом-осветлителем. Отстаивание. Очистка методом кларификации под вакуумом.

Масла первой и второй условных групп характерны тем, что в них содержится относительно небольшое количество механических примесей (0...1,0 %), большую часть из которых составляют несгораемые продукты. Такие масла можно считать малоокисленными, следовательно, не требующими специальных осветляющих операций.

Большую степень загрязненности отработанных масел имеют третья и четвертая условные группы (1...3 %). В этих группах имеется сравнительно большое количество (0,25...0,5 %) продуктов окисления, сгораемых частиц. Такие масла требуют химической обработки (осветления) без участия в процессе воды.

Контрольные вопросы

1. Как изменяются основные физико-химических свойства масел в процессе эксплуатации?
2. Перечислите способы восстановления трибологических свойств отработанных масел.
3. По каким признакам целесообразно группировать отработанные масла с целью их восстановления?
4. Перечислите методы сбора отработанных масел в условиях потребителя.
5. Как прогнозировать сбор отработанных масел?
6. Поясните роль режима пурификации при сепарировании отработанного масла.
7. Поясните роль режима кларификации при сепарировании отработанного масла.
8. Назовите и поясните роль основных этапов восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Рекомендуемая литература

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безызносность) : учебник / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

2. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин) : учебник / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2002. – 632 с.

3. Быченин, А. П. Триботехника и триботехнологии : учебное пособие / А. П. Быченин, О. С. Володько. – Самара : РИЦ СГСХА, 2018. – 247 с.

4. Болдашев, Г. И. Использование альтернативных топливосмазочных материалов в автотранспортной технике : монография / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин А.П., О. С. Володько. – Самара : РИЦ СГСХА, 2017. – 169 с.

5. Громаковский, Д. Г. Физические основы, механика и технические приложения трибологии : конспект лекций / Д. Г. Грамоковский. – Самара : Сам ГТУ, 2006. – 270 с.

6. Цыпцын, В. И. Трибологические основы повышения ресурса машин : учебное пособие / В. И. Цыпцын, В. В. Стрельников, В. Ф. Карпенков [и др.] – Саратов : СГАУ, 2000. – 92 с.

7. Уханов, А. П. Использование нефтепродуктов, технических жидкостей и ремонтных материалов при эксплуатации мобильных машин : учебное пособие / А. П. Уханов, А. В. Гуськов, А. В. Климанов [и др.] – Самара : СГСХА, 2002. – 292 с.

8. Трение, износ, смазка : электронный журнал. – Режим доступа: http://www.tribo.ru/.

9. Wear : электронный журнал. – Режим доступа: http://www.journals.elsevier.com/wear/.

Оглавление

Предисловие 3

Лабораторная работа № 1. Виды трибологических испытаний материалов 4

Лабораторная работа № 2. Четырехшариковая машина трения МАСТ-1 15

Лабораторная работа № 3. Роликовые машины трения 24

Лабораторная работа № 4. Оценка трибологических свойств масел на машине трения 2070 СМТ-1 34

Лабораторная работа № 5. Оценка трибологических свойств масел на машине трения МАСТ-1 37

Лабораторная работа № 6. Экспресс-анализ свойств новых и отработанных масел 39

Лабораторная работа № 7. Методы восстановления отработанных масел в условиях потребителя 48

Рекомендуемая литература 57

Учебное издание

Составители:
Володько Олег Станиславович
Быченин Александр Павлович

ТРИБОТЕХНИКА

Методические указания

Подписано в печать 26.11.2021. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,43; печ. л. 3,69.
Тираж 50. Заказ № 270.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

С. А. Иванайский, С. В. Денисов,
Ю. А. Киров, А. Л. Мишанин

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Методические указания для лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 621.22 (07)
ББК 30.123
И38

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Иванайский, С. А.

И38 Гидравлический и пневматический привод : методические указания / С. А. Иванайский, С. В. Денисов, Ю. А. Киров, А. Л. Мишанин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 56 с.

Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Гидравлический и пневматический привод», содержат задания по актуальным проблемам в области промышленности и сельского хозяйства, в которых применяется гидравлический и пневматический привод, а также новые машины с гидравлическим и пневматическим приводом, используемые в сельскохозяйственных предприятиях.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия

Учебное издание содержит необходимые пояснения, формы проведения занятий, порядок и технику выполнения заданий, краткую справочную информацию и задания для самостоятельной работы.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Иванайский С. А., Денисов С. В.,
Киров Ю. А., Мишанин А. Л., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издание является методическим обеспечением лабораторных работ, выполняемых обучающимися по направлению 35.03.06 Агроинженерия, при изучении курса «Гидравлический и пневматический привод»

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями рабочей программы по изучению дисциплины «Гидравлический и пневматический привод».

Цель издания методических указаний – закрепление теоретических знаний, обучающихся Лабораторные работы разработаны на основе курса лекций по «Гидравлическому и пневматическому приводу» и литературных источников, указанных в рабочей программе по изучаемому курсу.

Помимо основного назначения – подготовки студентов к выполнению лабораторных работ, предлагаемые методические указания могут быть использованы для самостоятельного изучения отдельных вопросов дисциплины. Для этого в начале описания каждой работы дается краткое изложение физической сущности и основ теории изучаемого процесса. Затем излагается содержание лабораторной работы, а также даются методические указания составлению отчета. В конце каждой лабораторной работы помещены контрольные вопросы, которые составлены с таким расчетом, чтобы фиксировать внимание студентов на узловых моментах темы и способствовать лучшему усвоению ими изучаемого материала. Все это облегчит самостоятельную подготовку к лабораторным занятиям и работу студентов на занятии.

Лабораторная работа № 1. Условные обозначения элементов гидропривода в принципиальных гидравлических схемах

Цель работы: изучить и законспектировать обозначения гидроузлов, используемых в принципиальных гидравлических схемах.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по представленным рисункам условные обозначения и вычертить их в рабочей тетради.

На чертежах гидравлических схем нормализованная аппаратура и рабочие органы изображаются условными обозначениями, магистрали – линиями. Специальные аппараты изображаются полуконструктивно.

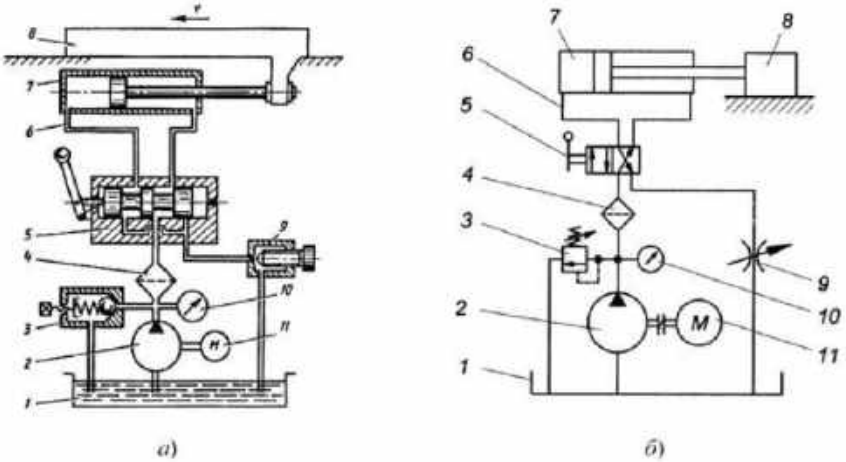


Рис. 1. Полуконструктивное (а) и схематическое (б) изображение гидропривода

В самом общем виде гидропривод состоит из источника гидравлической энергии – насоса, гидродвигателя и соединительной линии (трубопровод).

На гидравлической схеме (рис. 1.) полуконструктивно (а) и схематически (б) показан простейший гидропривод, в котором насос *2*, приводимый электродвигателем *11*, всасывает рабочую жидкость из бака *1* и через фильтр *4* подает ее в гидросистему, причем максимальное давление ограничено регулируемой силой пружины предохранительного клапана *3* (контролируется манометром *10*). Во избежание ускоренного износа или поломки давление настройки предохранительного клапана не должно быть выше номинального давления насоса.

В зависимости от положения рукоятки распределителя *5* рабочая жидкость по трубопроводам (гидролиниям) *6* поступает в одну из камер (поршневую или штоковую) цилиндра *7*, заставляя перемещаться его поршень вместе со штоком и рабочим органом *8* со скоростью v, причем жидкость из противоположной камеры через распределитель *5* и регулируемое сопротивление (дроссель) *9* вытесняется в бак.

При полностью открытом дросселе и незначительной нагрузке на рабочий орган в цилиндр поступает вся рабочая жидкость, подаваемая насосом, скорость движения максимальная, а значение рабочего давления зависит от потерь в фильтре *4*, аппаратах *5* и *9*, цилиндре *7* и гидролиниях *6*. Прикрывая дроссель *9*, можно уменьшать скорость вплоть до полного останова рабочего органа. В этом случае (а также при упоре поршня в крышку цилиндра или чрезмерном увеличении нагрузки на рабочий орган) давление в гидросистеме повышается, шарик предохранительного клапана *3*, сжимая пружину, отходит от седла и подаваемая насосом рабочая жидкость (подача насоса) частично или полностью перепускается через предохранительный клапан в бак под максимальным рабочим давлением.

При длительной работе в режиме перепуска из-за больших потерь мощности быстро разогревается рабочая жидкость в баке.

На гидравлической схеме в виде обозначений представлены:

источник гидравлической энергии – насос *2*;

гидродвигатель – цилиндр *7*;

направляющая гидроаппаратура – распределитель *5*;

регулирующая гидроаппаратура – клапан *3* и дроссель *9*;

контрольные приборы – манометр *10*;

резервуар для рабочей жидкости – бак *1*;

кондиционер рабочей среды – фильтр *4*;

трубопроводы – *6*.

Гидроприводы стационарных машин классифицируют по давлению, способу регулирования, виду циркуляции, методам управления и контроля.

Условные обозначения элементов гидропривода на гидравлических схемах

Условные графические обозначения служат для функционального представления элементов гидропривода и состоят из одного или нескольких основных и функциональных символов. В соответствии со стандартами DIN ISO 1219-91, ГОСТ 2.781-96 «Единая система конструкторской документации.

Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные» и 2.782-96 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические» применяются следующие основные символы:

непрерывная линия – главная гидролиния (всасывающая, напорная, сливная), электрическая линия;

пунктирная линия – линия управления, дренажная, указание промежуточной позиции;

штрих-пунктирная линия – объединение нескольких компонентов в единый блок;

двойная линия – механическая связь (вал, шток, рычаг, тяга);

окружность – насос или гидромотор, измерительный прибор (манометр и др.), обратный клапан, поворотное соединение, шарнир, ролик (с точкой в центре);

полуокружность – поворотный гидродвигатель;

квадрат (с соединением, перпендикулярным сторонам) – гидроаппарат, приводной узел (кроме электромотора);

квадрат (с соединением по углам) – кондиционер рабочей среды (фильтр, теплообменник, смазочное устройство);

прямоугольник – гидроцилиндр, гидроаппарат, элемент настройки;

открытый сверху прямоугольник – бак;

овал – аккмулятор, газовый баллон, бак с наддувом.

К функциональным символам относятся треугольники (черный – гидравлика, белый – пневматика), различные стрелки, линии, пружины, дуги (для дросселей), буква М для электромоторов.

Условные обозначения гидрораспределителя

В обозначении гидрораспределителей рядом расположены несколько квадратов (в соответствии с числом позиций, т.е. фиксированных положений золотника относительно корпуса), причем к одной из позиций (исходной) подведены гидролинии: *P* – напорная, Т – сливная, А и В – для подключения гидродвигателя. Количество гидролиний может быть различным: Р, Т, А и В — для четырехлинейных аппаратов; Р, Т и А — для трехлинейных; Р, Т1 (ТА), Т2 (ТВ), А и В — для пятилинейных и т.д.

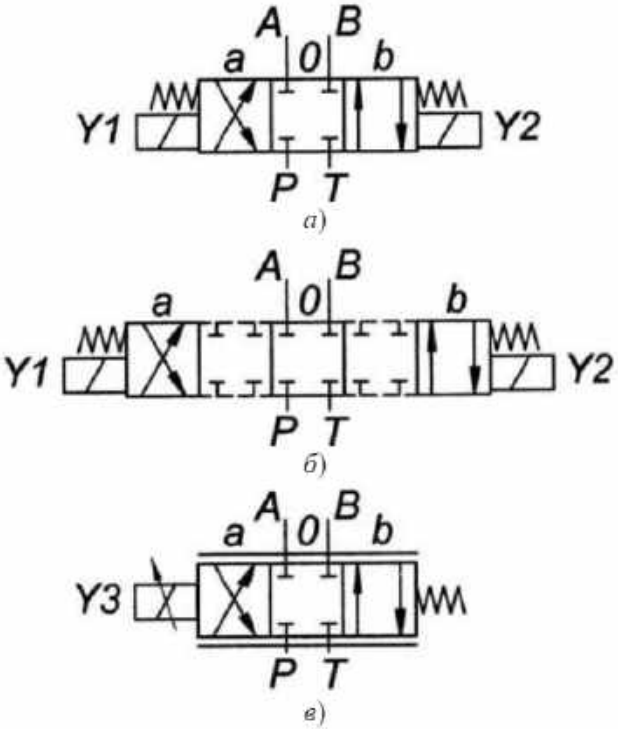
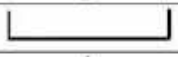


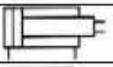
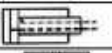
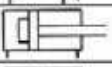
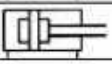
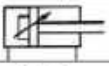
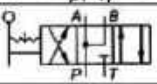
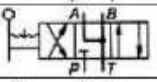
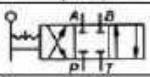
Рис. 2. Примеры условных обозначений гидрораспределителей

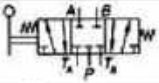
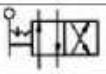
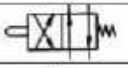
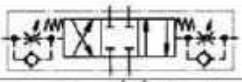
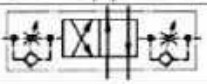
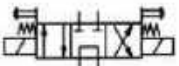
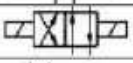
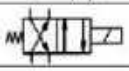
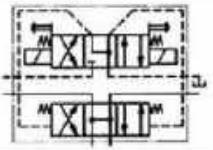
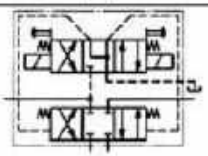
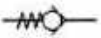
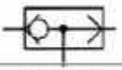
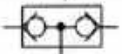
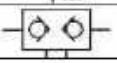
На рисунке 2, а показано условное обозначение четырехлинейного трехпозиционного аппарата (4/3 гидрораспределителя) с электрическим управлением от двух толкающих электромагнитов (Y1 и Y2) и пружинным возвратом в исходную позицию 0, в которой все линии заперты. При включении электромагнита Y1 золотник смещается вправо, и определить вариант соединения линий можно, мысленно передвинув квадрат, соответствующий позиции *а*, на место квадрата позиции 0. Как видим, соединяются линии P-B и A-T. При включении электромагнита Y2 в позиции *b* происходит соединение P-A и B-T. Если необходимо показать соединение линий в промежуточных положениях в момент переключения из одной позиции в другую, между основными позициями добавляют пунктирные квадраты (рис. 2, *б*). В гидрораспределителях с управлением, например, от пропорционального электромагнита Y3 (рис. 2, *в*), возможно множество различных промежуточных положений, и в условном обозначении добавляют две горизонтальных линии. Условные графические обозначения основных элементов гидропривода приведены в таблицу. 1.

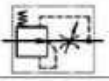
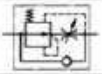
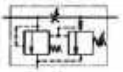
Таблица 1

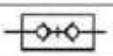
Условные графические обозначения основных элементов гидропривода

Наименование элементов гидропривода		Условное обозначение
1		2
Гидробак		
Насос нерегулируемый (общее обозначение) с потоком	нереверсивным	
	реверсивным	
Насос регулируемый с потоком	нереверсивным	
	реверсивным	
Насос	шестеренчатый	
	пластинчатый	
	радиально-поршневой	
	аксиально-поршневой	
	ручной	
Насос	кривошипный	
	винтовой	
Гидромотор	нерегулируемый с нереверсивным потоком	
	нерегулируемый с реверсивным потоком	
	регулируемый с реверсивным потоком	
Насос-мотор нерегулируемый с направлением потока	одним и тем же	
	реверсивным	
	любым	

Насос-мотор регулируемый	с одним и тем же направлением потока		
	с реверсивным направлением потока		
	с любым направлением потока, ручным управлением, наружным дренажом и двумя направлениями вращения		
Поворотный гидродвигатель			
Гидроцилиндр	поршневой одностороннего действия без указания способа возврата штока		
	то же, с возвратом штока пружиной		
	плунжерный		
Гидроцилиндр	дифференциальный		
	с подводом жидкости через шток	односторонний	
		двусторонний	
	телескопический		
	с торможением в конце хода	со стороны поршня	
		с двух сторон	
	с регулируемым торможением в конце хода	со стороны поршня	
		с двух сторон и соотношением площадей 2:1	
Гидрораспределитель с ручным управлением исполнения по гидросхеме	14-го		
	24-го		
	34-го		
	44-го		
	54-го		

	45-го с пружинным возвратом	
Кран управления		
Гидрораспределитель с управлением от кулачка		
Гидрораспределитель с гидравлическим управлением исполнения по гидросхеме	44-го	
	574-го	
Гидрораспределитель с электроуправлением исполнения по гидросхеме	64-го с кнопками ручного переключения	
	574-го с двумя электромагнитами	
	574-го с одним электромагнитом	
Гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением исполнения по гидросхеме	14-го с независимыми линиями управления	
	44-го с наружным сливом	
Обратный клапан		
Обратный клапан с усиленной пружиной, выполняющий функции подпорного клапан		
Гидроклапан с логической функцией	И	
	ИЛИ	
Клапан обратный управляемый (гидрозамок)	односторонний	
	двусторонний	
Клапан напорный (предохранительный или переливной) прямого действия		

Дроссель	нерегулируемый	
	регулируемый	
	то же, с обратным клапаном	
	путевой	
Регулятор расхода	двухлинейный	
	двухлинейный с обратным клапаном	
	трехлинейный с предохранительным клапаном	
Делитель потока		
Сумматор потока		
Аккумулятор	без указания принципа действия	
	грузовой	
	пружинный	
	пневмогидравлический	
Заливная горловина		
Фильтр	без индикатора	
	с индикатором	
Маслоохладитель		
Нагреватель масла		
Элементы управления	кнопка	
	рукоятка	
	педаль	

Рукав высокого давления		
Линия	напорная	
	сливная	
	основная	
	управления, дренажная	
	линия объединения нескольких компонентов в единый узел	
Соединение линий		
Перекрещивание линий (без соединения)		
Место выпуска воздуха		
Вентиль		
Реле давления		
Соединение трубопроводов	фланцевое	
	резьбовое	
Быстроразъемные соединения	без обратного клапана	
	с обратным клапаном	
Гидравлическое сопротивление с расходом	зависящим от вязкости масла	
	не зависящим от вязкости масла	
Прибор	манометр	
	манометр электроконтактный	
	манометр дифференциальный	
	термометр	
	термометр электроконтактный	
	указатель уровня	
	указатель расхода	
	расходомер	
	расходомер интегрирующий	
	тахометр	
	моментомер	

Буквенные позиционные обозначения основных элементов гидравлической схемы:

А – Устройство (общее обозначение)
АК – Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор)
АТ – Аппарат теплообменный
Б – Гидробак
ВД – Влагоотделитель
ВН – Вентиль
ВТ – Гидровытеснитель
Г – Пневмоглушитель
Д – Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный
ДП – Делитель потока
ДР – Гидродроссель (пневмодроссель)
ЗМ – Гидрозамок (пневмозамок)
К – Гидроклапан (пневмоклапан)
КВ – Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени
КД – Гидроклапан (пневмоклапан) давления
КО – Гидроклапан (пневмоклапан) обратный
КП – Гидроклапан (пневмоклапан) предохранительный
КР – Гидроклапан (пневмоклапан) редукционный
КМ – Компрессор
М – Гидромотор (пневмомотор)
МН – Манометр
МП – Гидродинамическая передача
МР – Маслораспылитель
МС – Масленка
МФ – Гидродинамическая муфта
Н – Насос
НА – Насос аксиально-поршневой
НМ – Насос-мотор
НП – Насос пластинчатый
НР – Насос радиально-поршневой
ПГ – Пневмогидропреобразователь
ПР – Гидропреобразователь
Р – Гидрораспределитель (пневмораспределитель)
РД – Реле давления
РЗ – Гидроаппарат (пневмоаппарат) золотниковый
РК – Гидроаппарат (пневмоаппарат) клапанный
РП – Регулятор потока
РС – Ресивер
С – Сепаратор

СП – Сумматор потока
Т – Термометр
ТР – Гидродинамический трансформатор
УВ – Устройство воздухоспускное
УС – Гидроусилитель
Ф – Фильтр
Ц – Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)

Контрольные вопросы

1. Какие гидроузлы изображаются в принципиальных гидравлических схемах?
2. Как выглядит на принципиальных гидравлических схемах быстроразъемная муфта с обратными клапанами?
3. Как обозначается в принципиальных гидравлических схемах бак с внутренним давлением ниже атмосферного?
4. Как изображен в принципиальных гидравлических схемах насос постоянной подачи с реверсивным направлением потока?
5. Покажите как выглядит на принципиальных гидравлических схемах четырехходовой (четырехлинейный) четырехпозиционный распределитель с управлением от рукоятки с пружинным возвратом.

Лабораторная работа № 2. Гидравлическое оборудование стенда для испытания агрегатов гидропривода с/х техники КИ-4815М

Цель работы. Изучить стенд КИ-4815М, его принципиальную гидравлическую схему и работу гидроузлов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство стенда КИ-4815М по приведенному в работе описанию.

1. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему и разобравшись в условных обозначениях уметь ее «читать».

Стенд КИ-4815М используется в качестве ремонтно-технологического оборудования на специализированных предприятиях, проводящих техническое обслуживание и ремонт тракторов, сельскохозяйственных машин и их гидроагрегатов.

Устройство и принцип работы

1. Стенд состоит из следующих составных частей: рамы, облицовки, привода, гидравлической системы, электрооборудования. Для установки испытуемых агрегатов стенд оснащен комплектом инструментов и принадлежностей. Устройство стенда показано на рисунке 3.

Таблица 2

Технические характеристики

1. Тип		стационарный
2. Управление		ручное
3. Рабочее давление, кгс/см^2 (МПа)		140 ± 5 (14±0,5)
4. Максимальное давление, ограничиваемое предохранительным клапаном, кгс/см^2 (МПа)		175 - 5 (17,5 - 0,5)
5. Диапазон расхода рабочей жидкости в пределах, л/мин		7...120
6. Привод		клиноременный, от электродвигателя
7. Электродвигатель	а) тип	4А 180 4У3 ГОСТ 19523-81
	б) мощность, кВт	22
	в) частота вращения, об/мин	1460
	г) напряжение, В	220/380
8. Частота вращения вала привода насоса.		1200 ± 10 об/мин
9. Охлаждение рабочей жидкости		водяное
10.Номинальная температура рабочей жидкости		50 ± 5 °С
11.Характеристика рабочей жидкости		минеральные масла и их смеси
а) вязкость, сСТ при 50°С		40...60
б) марка		масло моторное М 10 $Г_2$ ГОСТ 17479-72
12. Количество рабочей жидкости, необходимое для работы стенда, л		90

2. Принцип работы стенда.

2.1. Испытание насоса.

Испытуемый насос соединяется с валом привода стенда. Из гидробака *3* по шланту всасывания рабочая жидкость забирается насосом и по рукаву высокого давления нагнетается в гидросистему стенда (рис. 4), где необходимая нагрузка устанавливается вручную дросселем. Давление нагрузки измеряется манометром высокого давления *9* стенда.

Для определения подачи насоса на один оборот вала одновременно измеряют количество рабочей жидкости счетчиком жидкости *16* или *17* и количество оборотов вала насоса импульсным счетчиком *13*. Результаты получают методом подсчета.

3. Привод стенда состоит из электродвигателя *1* (P = 22 кВт, n = 1460 об/мин), и клиноременной передачи (ремень клиновой ГОСТ 1284-80 тип В, длина 1800 мм, 4 шт.) с передаточным числом i=1,21, сообщающей шкиву с кулачковой муфтой и приводному валу число оборотов n = 1200 об/мин.

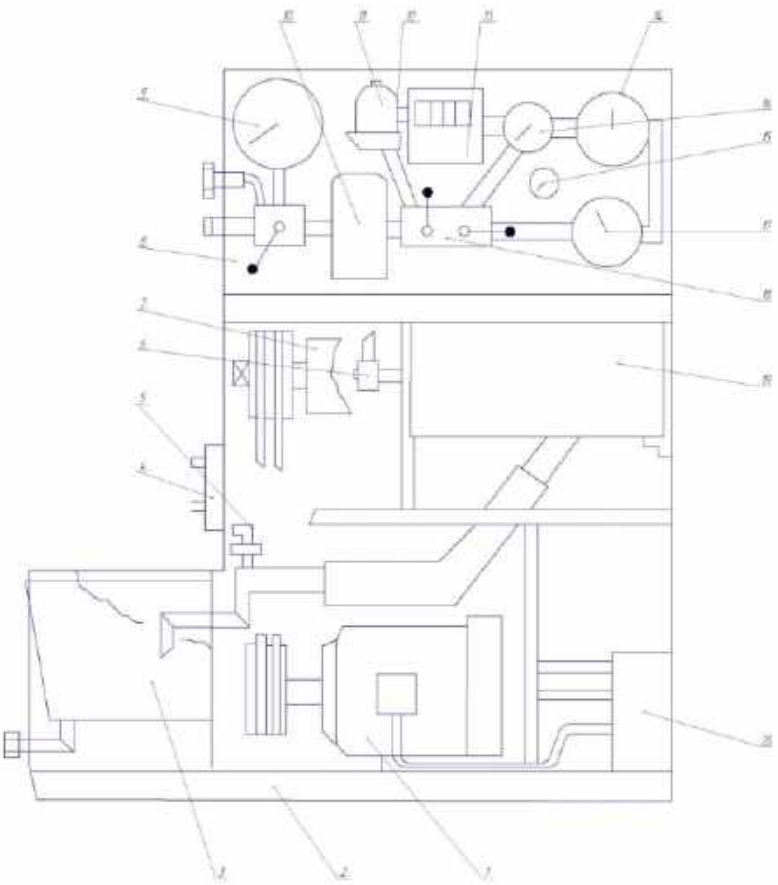


Рис. 3. Устройство стенда:
1 – электродвигатель; 2 – рама; 3 – гидробак; 4 – установочная плита;
5 – датчик терморегулятора; 6 – регулятор температуры РТ-15; 7 – опора шкива привода;
8 – блок гидравлический; 9 – манометр высокого давления МТП-160 кл.1,5; 10 – фильтр масла сетчатый; 11 – фильтр центробежный; 12 – плита фильтра; 13 – счетчик оборотов ЭСО-5; 14 – манометр МОШ-1-100х16; 15 – термометр дистанционный ТПП2-В;
16 – -счетчик жидкости ШЖУ-25М-16; 17 – счетчик жидкости ШЖУ-40С-6; 18 – кран;
19 – охлаждающее устройство; 20 – электроящик

На приводном валу закреплена пластина, которая входит в щель бесконтактного датчика и за оборот вала привода сообщает один импульс, подаваемый на электронный счетчик оборотов *13*.

Электродвигатель *1* установлен на чугунной плите, закрепленной в шарнирах на раме. Натяжение ремней производится при помощи натяжного болта, расположенного с правой стороны стенда. Величина прогиба 9-2 мм

при усилии оттягивания (3,5±0,5) кг. Натяжение ремней выше указанных пределов приводит к выходу из строя подшипников электродвигателя и опоры шкива.

4 Гидравлическая система стенда изображеная на схеме (рисунок 4) работает следующим образом. Установленный на стенде испытуемый насос – Н – забирает рабочую жидкость из гидробака – Б по всасывающему трубопроводу. Нагнетательная полость насоса гибким шлангом высокого давления присоединяется к штуцеру стенда на вход в блок гидравлический – БГ с дросселем ручного управления и предохранительным клапаном, ограничивающим максимальное давление. Манометр МН2 показывает давление, соответствующее степени открытия дросселя.

Рабочая жидкость проходит первичную очистку в фильтре Ф1. Краном Р, имеющим два переключателя, рабочая жидкость может быть направлена; либо на тонкую очистку центробежным фильтром Ф2, либо на замер через один из двух счетчиков жидкости СЧ1, СЧ2.

Редукционный клапан КР обеспечивает режим работы центробежного фильтра, контролируемый по манометру МН1. Рабочая жидкость в охлаждающем устройстве АТ охлаждается до температуры, заданной регулятором температуры РТ. Температура рабочей жидкости измеряется термометром Т.

Конструктивное исполнение гидросистемы стенда и размещения ее узлов изображено на рисунке 3.

4.1. Гидробак *3* служит резервуаром рабочей жидкости. Сверху бак закрыт заглубленным поддоном, имеющим сетчатый фильтр, через который заливается рабочая жидкость. На поддоне имеется указатель уровня рабочей жидкости, горловина для прохода всасывающего трубопровода насоса, штуцер слива в бак для испытуемых гидроагрегатов, сливная труба гидробака закрыта заглушкой.

В патрубке гидробака установлены датчики – терморегулятора *5* и дистанционного термометра *15*.

4.2. Гидравлический блок 8 имеет щелевой дроссель, при помощи которого создается необходимое давление в режиме испытания, и предохранительный клапан, отрегулированный на максимальное давление нагрузки.

4.3. Сетчатый фильтр *10* предназначен для грубой очистки рабочей жидкости и предохраняет центробежный фильтр от засорения грубыми частицами.

4.4. Кран *18* имеет два переключателя шарикового типа. Первый переключатель служит для направления потока рабочей жидкости на тонкую фильтрацию центробежным фильтром или на измерение потока жидкостным счетчиком.

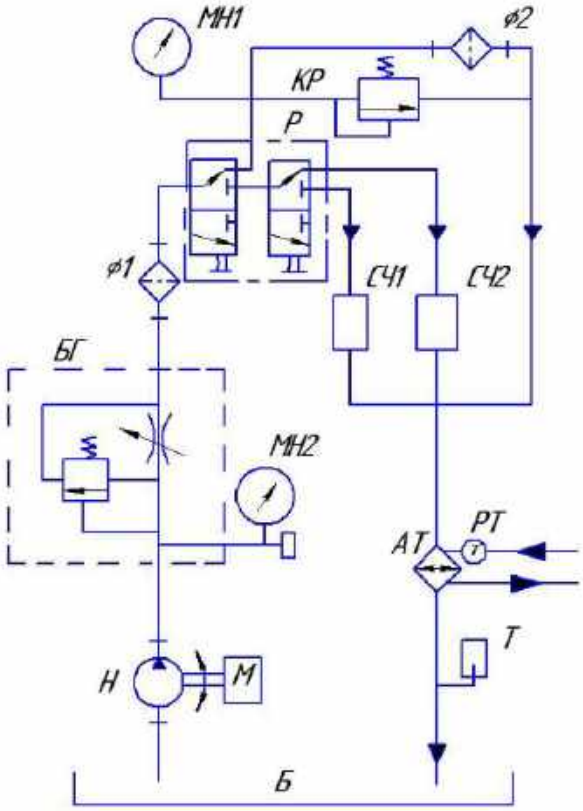


Рис. 4. Схема КП-4815М:
АТ – устройство охлаждающее; Б – бак; БГ – блок гидравлический;
КР – клапан редукционный центробежного фильтра; МН1 – манометр
МОШ-1-100 кл.2,5, 16 кгс/см^2; МН2 – манометр МТП-160 кл.1,5, 250 кгс/см^2;
Р – крановый распределитель; РТ – реулятор температуры РТ-15; СЧ1 – счетчик жидкости
ШЖУ-25М-16; СЧ2 – счетчик жидкости ШЖУ – 40С – 6;
Т – термометр ТПП-2-В; Ф1 – фильтр грубой очистки; Ф2 – фильтр центробежный

Второй переключатель служит для направления потока на один из двух счетчиков жидкости.

4.5. Счетчики жидкости служат для измерения количества жидкости при определении объемной подачи насоса. Счетчик жидкости *17* ШЖУ-40С-6 включают для измерения подач насосов в пределах (40...120) л/мин.

Счетчик жидкости 16 ШЖУ-25М-16 включают для измерения подач насосов в пределах (7...40) л/мин.

Для защиты счетчиков от загрязнения рабочей жидкостью их включение разрешено после предварительной работы испытуемого насоса, через центробежный фильтр.

4.6. Центробежный фильтр *11* предназначен для тонкой очистки рабочей жидкости.

Фильтр крепится к плите *12*, в которой встроен редукционный клапан, обеспечивающий давление перед центробежным фильтром (6...6,5) кгс/см^2 для нормального режима очистки. Частота вращения ротора составляет (5000...6000) об/мин.

4.7. Охлаждающее устройство *19* предназначено для охлаждения рабочей жидкости. Оно состоит из подводящего водопровода, бака охлаждения с распределительной трубкой и установленной в баке сердцевины радиатора (трактора МТЗ-50).

Присоединительные штуцеры подключения стенда к водопроводу обозначены табличками «Подвод», слив нагретой воды из охлаждающего устройства «Отвод». Для слива воды из радиатора устройства установлен сливной кран и обозначен табличкой «Слив».

4.8. Терморегулирующая система служит для поддержания заданной температуры рабочей жидкости и состоит из регулятора температуры *6* РТ-15, подающего необходимое количество воды на охлаждающее устройство *19*. В сливном патрубке гидробака установлен датчик *5* регулятора температуры. Датчик омывается охлажденной жидкостью, поступающей из охлаждающего устройства. В сливном патрубке установлен датчик дистанционного термометра *15*.

4.9. Узлы гидросистемы соединены между собой металлическими трубопроводами и резиновыми рукавами 25 и 65 мм марок 25×35-16 ГОСТ 10362 «Рукава резиновые напорные с нитяным усилением» и Б (1)-6,3-65-79 У ГОСТ 18698-79 «Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом» стойкими к среде минеральных масел.

4.10. Электрооборудование стенда состоит из электродвигателя 4AI80 4У3 ГОСТ 19523-81«Машины электрические вращающиеся от 50 до 355 габарита. Двигатели асинхронные серии 4А трехфазные с короткозамкнутым ротором», пусковой аппаратуры двигателя, размещенной в электроящике *20*, кнопочной станции ПКЕ-222-3, электронного счетчика оборотов ЭСО-5.

Порядок работы

При испытании насоса предусматривается проведение следующих операций:

Работа насоса без нагрузки – при полностью открытом дросселе, работа при постепенно увеличиваемой нагрузке до номинального давления насоса, проверка плотности и уплотнений насоса при кратковременном нагружении

(5-6 раз в течение 0,5 мин), давлением равным 1,25 $P_{ном}$ и определение объемной подачи насоса на 1 оборот вала при номинальном давлении.

Примечание: для насоса НШ 100-2 объемная подача определяется при давлении 100 кгс/см.

Проверьте положение рукояток управления перед включением стенда. Рукоятка управления дросселя должна находиться в положении «Открыто», рукоятка крана *18* в положении счетчик «Выключен». При таком положении рукояток вся рабочая жидкость проходит через центробежный фильтр.

При этом манометр *9* должен показывать давление не более 6,5...7 кгс/см.

ВНИМАНИЕ Во избежание выхода из строя счетчиков жидкости их включение допустимо после предварительной работы испытуемого насоса через центробежный фильтр.

Нажмите (соответственно направлению вращения испытуемого насоса) кнопку пуска стенда – «Левое вращение» или «правое вращение».

При помощи рукоятки дросселя произведите нагружение насоса.

Определение объемной подачи.

Поверните рукоятку крана *18* в положение «Счетчик включен». При этом весь поток рабочей жидкости пойдет через соответствующий, включенный счетчик жидкости.

Включите тумблером питание электронного счетчика оборотов *13*. Нажатием кнопки сбросьте его показания, для установки нулей.

Выберите на шкале счетчика жидкости два деления, соответствующие началу, и окончанию отсчета.

Промежуток между делениями должен соответствовать объему жидкости соответствующему марки насоса. При проходе стрелки счетчика через деление, принятое за начало отсчета, включите тумблером импульсный счетчик и выключите его при проходе стрелки через деление, соответствующее окончанию отсчета. По полученному числу оборотов на табло счетчика, определите объемную подачу на один оборот вала насоса по формуле:

$$q_a = \frac{Q_ж}{\sum n},$$

где q_a – объемная подача на один оборот вала насоса, $см^3$/об;

$Q_ж$ – объем рабочей жидкости, л;

n – количество оборотов.

Контрольные вопросы

1. Пояснить устройство стенда КИ-4815М.
2. Изобразите упрощенную схему стенда КИ-4815М.
3. Покажите на принципиальной гидравлической схеме «Блок гидравлический».
4. Назначение стенда КИ-4815М.
5. Как изображен в принципиальной гидравлической схеме стенда КИ-4815М «Распределительный блок»?

Лабораторная работа № 3. Гидрооборудование ботвоуборочной машины «БМ-6Б»

Цель работы. Изучить устройство, схему соединения и взаимодействие агрегатов гидрооборудования ботвоуборочной машины БМ-6Б.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приведенной в издании информацией по гидрооборудованию машины.

2. Непосредственно на машине рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.

3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему, описать работу АСУПР и ручной корректировки.

Описание ботвоуборочной машины БМ-6Б

Гидросистема ботвоуборочной машины БМ-6Б состоит из автоматической системы управления по рядкам – АСУПР, системы ручной корректировки и системы управления положением рабочих органов.

Управление рабочими органами осуществляется из кабины трактора, путем перемещения рукояток золотников гидрораспределителя. Автоматическая система управления по рядкам имеет собственный золотниковый гидрораспределитель двухстороннего действия с автоматическим управлением. Рабочее давление – 3,5-4 МПа (35-40 кгс/см^2).

Гидросистема машины подсоединяется к гидросистеме трактора маслопроводами через разрывные муфты и состоит из гидрораспределителя, связанного гидропроводами с гидроцилиндрами управления положением рабочих органов. Ручная корректировка и АСУПР объединены путем включения в схему обратных клапанов и гидрозамка.

Гидросистема управления положением рабочих органов включает шесть гидроцилиндров шарнирно связанных с рамой машины и рамами ботворезов, погрузочным транспортером и доочистителем головок свеклы.

Гидросистемы ручной корректировки и управления положением рабочих органов объединены при помощи клапана "ИЛИ", входы которого соединены с маслопроводами ручной корректировки, а выход соединен через маслопровод с гидропроводом подъёма рабочих органов. Гидроцилиндры в свою очередь имеют соединение со сливной магистралью, которая имеет обратный клапан.

В маслопровод слива гидрораспределителя встроено гидроустройство с регулируемым проходным сечением, соединенное с обратным клапаном.

Гидроцилиндр очистителя, подсоединен к магистрали через замедлительный клапан.

Рычаг средней секции гидрораспределителя трактора должен находиться в положении «НЕЙТРАЛЬ» при всех режимах работы.

Положение рычагов гидрораспределителя трактора при различных режимах работы гидросистемы машины приведено в таблице 3.

Таблица 3

Режим работы	Положение рычагов							
	Левая секция «А»				Правая секция «В»			
	П	0	Н	ПЛ	П	0	Н	ПЛ
Автоматическая корректировка	+							+
Подъём рабочих органов		+					+	
Опускание рабочих органов				+			+	
Ручная корректировка			+		+	+		

Гидроуправление машиной по рядкам.

При нейтральном положении копир-водителей (симметрично оси машины), масло от насоса раздельно-агрегатной гидравлической системы трактора (РАГС) через секцию «А» по маслопроводу поступает в распределитель машины (золотник которого также находится в нейтральном положении) и сливается через клапаны по маслопроводам в масляный бак трактора.

При поперечном смещении копир-водителей перемещение передается через коромысло на золотник распределителя, который направляет масло в одну из полостей цилиндра управляющего положением рабочих органов. Опираясь на прицеп, цилиндр смещает основную раму машины в поперечном направлении, осуществляя автоматическое вождение машины по рядкам. При этом гидрозамок, запирает каналы, соединенные с секцией «В». Из цилиндра масло поступает в сливную полость распределителя, а затем через регулируемый дроссель и обратные клапаны по трем сливным маслопроводам через секции «А» и «Б» распределителя трактора в маслобак. Давление в системе ограничивается предохранительным клапаном отрегулированным на давление 3,5±0,5 МПа (35 ± 5 кгс/см^2).

Примечание: при работе объединенной гидросистемы в режиме автоматического управления в распределителе трактора рычаг секции «А» находится в положении «ПОДЪЕМ», рычаг секции «Б» в положении «ПЛАВАЮЩЕЕ».

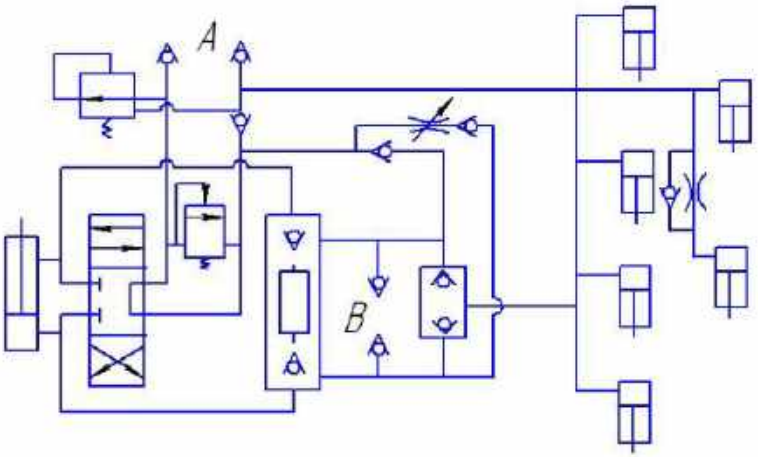


Рис. 5. Схема гидроуправления машиной по рядкам:
1 – Подъем рабочих органов: А – опускание, Б – нейтраль;
2 – Опускание рабочих органов: А – плавающее, Б – нейтраль;
3 – Автоматическое управление: А – подъем, Б – плавающее;
4 – Ручное корректирование: А – нейтраль, Б – подъем или опускание

Ручная корректировка.

Предназначена, для первоначальной установки машины над рядками вручную при заездах и в случае выхода копир-водителей из рядков во время движения. Ручная корректировка осуществляется следующим образом: рычаг секции «А» распределителя трактора устанавливается в положение «НЕЙТРАЛЬ». При установке рычага «Б» в положение «ПОДЪЕМ» или «ОПУСКАНИЕ», масло из распределителя трактора по маслопроводам через гидрозамок подается в одну из полостей гидроцилиндра сдвигающего раму машины. Обратные клапаны при этом закрываются. Это обеспечивает корректировку положения машины над рядками. После корректировки рычаг секции «Б» нужно установить в положение «ПЛАВАЮЩЕЕ», а рычаг секции «А» в положение «ПОДЪЕМ». Работа АСУПР при этом возобновляется.

ВНИМАНИЕ! Так как гидросистемы ручной корректировки и подъёма рабочих органов объединены клапаном «ИЛИ», то перед поперечном смещении рамы машины осуществляется подъём рабочих органов и копирводителей в транспортное положение, что исключает их поломку при корректировке.

Управление положением рабочих органов.

Для подъёма ботворезов, погрузочного транспортера ботвы и доочистителя в транспортное положение рычаг секции «А» устанавливается в положение «ОПУСКАНИЕ», а рычаг секции «Б» в положение «НЕЙТРАЛЬ».

Масло подается по маслопроводам к цилиндрам подъема рабочих органов. При этом обратные клапаны закрываются.

Опускание рамок ботворезов, погрузочного транспортера и доочистителя происходит при установке рычага секции «А» распределителя трактора в положение «ПЛАВАЮЩЕЕ».

Масло из гидроцилиндров сливается в маслянный бак по тем же маслопроводам.

Опускание происходит под собственной массой рамок ботворезов и доочистителя. Погрузочный транспортер из вертикального положения выводится под действием пружин, а его дальнейшее опускание происходит под собственной массой.

Регулировки АСУПР.

Регулировку следует производить на ровной площадке в следующем порядке:

1 – установить копир-водители так, чтобы расстояние от оси машины до оси копир-водителей было равно 450 мм;

2 – установить золотник распределителя машины в нейтральное положение;

3 – зафиксировать коромысло гайками поперечной тяги копир-водителей;

4 – при работающем двигателе трактора и включенном гидроуправлении машины, перемещая копир-водитель в горизонтальной плоскости за перо, проследить за перемещением машины. Если в системе все нормально, то при плавном перемещении копир-водителей вправо машина также плавно должна сместиться вправо и наоборот. Если наблюдается обратная зависимость – гидроцилиндр подключен к распределителю машины неправильно. Необходимо поменять местами гидрошланги на цилиндре.

Правила эксплуатации.

Так как цилиндр подъёма погрузочного транспортера находится в одной магистрали с цилиндрами рамок ботворезов и очистителя, необходимость подъёма которых возникает чаще, чем погрузочного транспортера, рекомендуется перед работой (после того как транспортер опущен в рабочее положение), разъединить запорную муфту и соединить её при необходимости подъёма транспортера. Тоже следует делать при транспортных переездах.

При остановках и прекращении работы, для избежания перегрева рабочей жидкости, все рычаги распределителя трактора необходимо установить в положение «НЕЙТРАЛЬ».

При высокой влажности специальным винтом, ввернутым в корпус дросселя нужно уменьшить сечение маслопровода. В результате основной поток масла будет поступать в сливные маслопроводы секций «А» и «В», что приведет к увеличению в них противодавления и соединенных с ними

цилиндрах подъема рамок с рабочими органами. В них увеличивается усилие, направленное на подъём подвижных рамок ботворезов, которое способствует уменьшению нагрузки на копирующие колеса ботворезов и увеличению сцепного веса трактора, за счет перераспределения нагрузки на ходовую часть трактора. Давление в вышеозначенных маслопроводах следует регулировать на величину, обеспечивающую стабильное копирование рельефа почвы копирующими колесами на полях с повышенной влажностью.

Контрольные вопросы

1. Поясните порядок работы «АСУПР»
2. Какое положение должны занимать золотники гидрораспределителей при выполнении «Ручной корректировки»?
3. Из каких гидроузлов состоит гидросистема ботвоуборочной машины БМ-6Б?
4. Каким образом объединены между собой «Ручная корректировка» и «АСУПР»?
5. Какое количество гидроцилиндров включает в себя гидросистема управления положением рабочих органов?
6. С какой целью в гидросистеме «БМ-6Б» установлен замедлительный клапан?

Лабораторная работа № 4. Гидрооборудование картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ»

Цель работы. Изучить устройство, гидравлическую схему и взаимодействие агрегатов гидрооборудования картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ».

Порядок выполнения работы

1. Изучить информацию по гидрооборудованию машины.
2. Непосредственно на комбайне рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.
3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему (рис. 6) и разобравшись в условных обозначениях дополнить подрисуночную надпись.

Назначение гидропривода машины

Гидрооборудование машины обеспечивает:

1) опускание и подъём подкапывающей секции;
2) откидной части бункера-накопителя;
3) лотка откидной части бункера-накопителя;
4) наклон (положение) загрузочного транспортера;
5) привод подвижного дна (транспортера) бункера.

Источником гидроэнергии для гидросистемы комбайна служит насос гидросистемы трактора.

Гидрооборудование комбайна включает в себя: пятисекционный распределитель, предохранительный клапан, обратный клапан, гидроцилиндры, гидромотор и соединительная арматура.

Обратный клапан установлен для предохранения сливной магистрали распределителя при случайной подаче в неё рабочего давления.

Для плавного опускания установлены замедлительные клапаны (штуцеры с калиброванными отверстиями: для подкапывающей секции 3 мм, остальные – 4 мм).

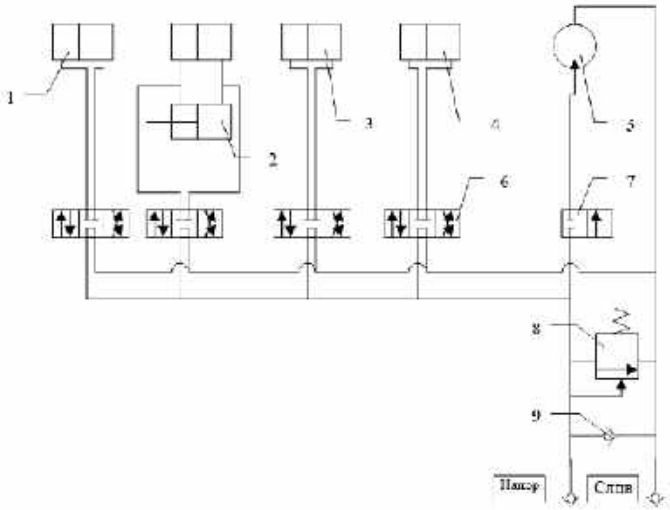


Рис. 6. Принципиальная гидравлическая схема картофелеуборочного комбайна КПК-3 «Рязанец»

Гидрораспределитель унифицированный с зерноуборочными комбайнами «Нива» и «Колос». Предохранительный Клапан отрегулирован на давление 8,82 – 9,19 МПа (90 кгс/см^2).

Гидромотор МГП-125 планетарного типа осуществляет привод подвижного дна бункера с помощью двух цепных передач.

Гидрораспределитель машины

На рисунке 7 показан гидравлический распределитель типа Р75-2/5-44. В корпусе *3* размещены пять золотников *1*, предохранительный *22* и перепускной 6 клапаны. Сверху и снизу корпус закрыт крышками *2* и *9*. Управление золотниками осуществляется рычагами *21*. Для подвода рабочей жидкости в корпусе золотника имеются полость Н, каналы управления *20* и слива *19*.

При нейтральном или «плавающем» положении золотника рабочая жидкость заполняет полость Н, управляющий и сливной каналы. Перепускной клапан *6* вследствие разности площадей и перепада давления в дроссельном отверстии *5*, преодолевая силу пружины *4*, открывается и рабочая жидкость делится на два потока: часть по каналам *20* и *19* поступает в сливную полость, а другая непосредственно через рабочее окно *7* в сливное окно *8*.

В рабочих положениях золотник *1* перекрывает кромкой канал управления *20*, давление жидкости по обе стороны дроссельного отверстия *5* выравнивается и перепускной клапан *6* закрывается. Жидкость поступает в полость высокого давления и в зависимости от положения рычага управления проходит в одну из полостей А (Б) и к гидродвигателю, а затем со сливной магистрали через полость Б (А) и рабочие окна распределителя она поступает на слив.

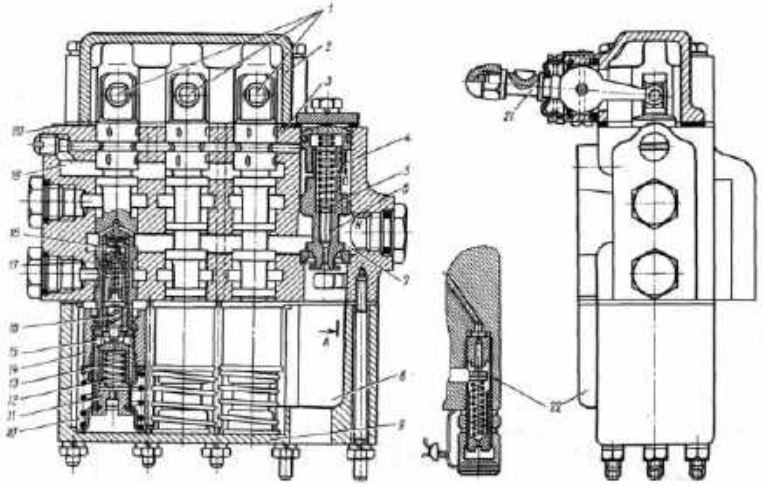


Рис. 7. Распределитель:
1 – золотник; 2, 9 – крышки; 3 – корпус; 4, 10, 12 – пружины; 5 – дроссельное отверстие; – перепускной клапан; 7 – рабочее окно; 8 – сливное окно; 11 – толкатель; 13 – втулка; 14 –обойма; 15 – фиксатор; 16 – направляющая; 17 – гильза; 18 – клапан; 19, 20 – каналы слива и управления; 21 – рычаг; 22 – предохранительный клапан

Таблица 4

Технические характеристики гидравлического распределителя Р75-2/5-44

Показатель	Значение
Максимальная пропускная способность, л/мин	75
Число золотников	5
Рабочее давление, Мпа	14
Давление срабатывания автоматического устройства возврата золотников в нейтральное положение, Мпа	12
Масса, кг	15,1

При плавающем положении золотника обе магистрали, идущие к исполнительному гидродвигателю, сообщаются со сливной полостью распределителя, а насос разгружается и через перепускной клапан перекачивает жидкость в резервуар. Золотник фиксируется в определенных положениях при помощи шариковых фиксаторов *15*, которые удерживаются в гнездах втулкой *13* и пружиной *12*. Автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение находится в нижней части самого золотника. Оно состоит из гильзы *17* с клапаном *18*, который прижат к гнезду пружиной и направляющей *16*.

Регулировку клапана на давление осуществляют винтом пружины клапана. В нижней части гильзы расположен толкатель *11*. На наружную цилиндрическую поверхность золотника надета обойма 14 с тремя внутренними расточками, куда входят шариковые фиксаторы *15*. Когда золотник находится в «плавающем» положении, фиксаторы располагаются в верхней расточке, при положении «опускание» — в средней и при положении «подъем» — в нижней. На золотник через обойму *14* действует пружина *10*, помещенная между нижним и верхним стаканами. При верхнем положении обоймы, когда она касается выступа корпуса распределителя, пружина через стакан, который резьбой соединен с золотником, отжимает последний вниз. При нижнем положении, когда стакан касается нижней крышки, пружина через стакан отжимает золотник вверх.

Работа автомата возврата золотника в нейтральном положении протекает так. При повышении давления в одной из магистралей до допустимого максимального значения открывается шариковый клапан *18* и жидкость по осевому каналу поступает внутрь золотника, действует на толкатель, который, в свою очередь, сдвигает вниз втулку *13* фиксаторов. При этом фиксаторы выходят из расточки обоймы, и пружина *10* возвращает золотник в нейтральное положение. При понижении в системе давления шариковый клапан под воздействием пружины закрывает осевой канал, и пружина *12* возвращает толкатель в исходное положение.

Гидромотор машины

Конструкция гидромотора с планетарным поступательным движением кольцевой шестерни и простым вращательным движением ротора, установленного соосно на центрально расположенном выходном валу гидромотора, показана на рисунке 8.

Качающий узел гидромотора планетарного типа состоит из находящегося во взаимном зацеплении ротора *23* с эпитрохоидным профилем зубьев и кольцевой шестерни *22* с внутренним зубчатым венцом, выполненным в виде вставных цилиндрических роликов *24*. Число зубьев ротора и кольцевой шестерни, определяющие кратность гидромотора, выбраны соответственно

равными шести и семи. Центрально расположенный ротор связан посредством стандартного соединения с валом, вращающимся в двух радиально-упорных роликовых подшипниках *3* и *10*, способных воспринимать внешние радиальную и осевую нагрузки на вал. Эти подшипники установлены соответственно в передней *2* и задней *13* крышках, являющихся одновременно торцевыми замыкателями рабочих камер *15*.

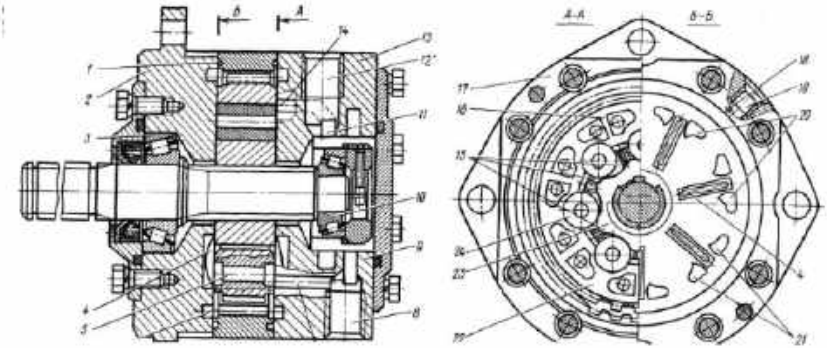


Рис. 8. Планетарный гидромотор:
1 – уплотнитель; 2 – передняя крышка; 3, 10 – подшипники; 4, 5, 7, 14 – каналы; 6 – расточка; 8, 12 – магистрали; 9, 11 – кольцевые камеры; 13 – задняя крышка; 15 – рабочая камера; 16 – шестерня; 17 – кольцо; 18 – фиксатор; 19 – дренажный канал; 20, 21 – фигурные окна; 22 – шестерня; 23 – ротор; 24 – ролик

Кольцевая шестерня *22* имеет также наружный зубчатый венец, находящийся в зацеплении с неподвижным зубчатым кольцом *17*, число внутренних зубьев которого равно числу наружных зубьев кольцевой шестерни. Такое зацепление при постоянном смещении оси кольцевой шестерни относительно оси гидромотора и кольца на величину эксцентриситета допускает планетарное поступательное движение кольцевой шестерни, при котором каждая ее точка движется по окружности с радиусом, равным эксцентриситету.

Неподвижное кольцо *17* с крышками выполняет роль корпуса, для уменьшения износа кольцевой шестерни предусмотрена расточка *6* под масляную ванну, а герметичность достигается установкой уплотнителей. Положение крышек с распределителем относительно ротора должно быть строго определенным. Это достигается установкой фиксаторов *18*. В задней *13* и передней *2* крышках на прилегающих к ротору поверхностях и поверхности шестерни *16* выполнены семь прямоугольных каналов *4* и фигурные окна *20*, через которые подводится и отводится рабочая жидкость. Утечки жидкости отводятся через дренажный канал *19*. Рабочая жидкость поступает в одну из

магистралей *8* или *12* и далее по кольцевой Камере *9* или *11* через каналы *7* или *14* и *5* в рабочие камеры по одну сторону от плоскости симметрии. Таким образом, создается одностороннее давление на ротор, вследствие чего он перемещается и совершает планетарное движение. Из камер, расположенных с противоположной плоскости симметрии, жидкость вытесняется зубьями ротора и по соответствующим каналам и кольцевой камере идет на слив.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение и расположение на комбайне агрегатов гидропривода КПК-3.
2. Из каких гидроузлов состоит гидросистема картофелеуборочного комбайна КПК-3.
3. Для чего в гидросистеме КПК-3 установлен обратный клапан?
4. Поясните работу автомата возврата золотника гидрораспределителя в нейтральном положении.
5. Конструкция гидромотора с планетарным поступательным движением кольцевой шестерни и простым вращательным движением ротора.

Лабораторная работа № 5. Гидрооборудование грейферного погрузчика ПГ-0,2А

Цель работы. Изучить назначение, устройство и взаимодействие гидрооборудования грейферного погрузчика ПГ-0,2А

Порядок выполнения работы

1. Описать устройство и работу агрегатов гидропривода.
2. Непосредственно на машине рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.
3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему ПГ-0,2А по приведенному рисунку.

Описание гидросистемы погрузчика:

Гидросистема погрузчика (рис. 9) является автономной т.к. имеет собственный бак рабочей жидкости и насос высокого давления. Все гидроцилиндры, за исключением гидроцилиндров бульдозера, приводятся в действие от собственного насоса НШ-50У-2 через редуктор. Гидроцилиндры бульдозера приводятся в действие от насоса шасси и управляются гидрораспределителем шасси. Гидросистема состоит из следующих сборочных единиц: гидрораспределителей *6* и *7*, гидроцилиндров *1*, *8*, *11*, *12* и *14*, редуктора *2* с масляным насосом *3*, маслобака *4*, гасителя *10*, замедлительного клапана *13*, гидроцилиндра *9* поворота с демпферами, гидрокоммуникации и маслопроводов, рукавов высокого давления.

Гидрораспределители *6* и *7* (рис. 9) предназначены для управления работой погрузчика. Включением рукоятей распределителя поток масла

направляется в соответствующие гидроцилиндры погрузчика (рис. 10). В корпусе каждого распределителя расположено три золотника.

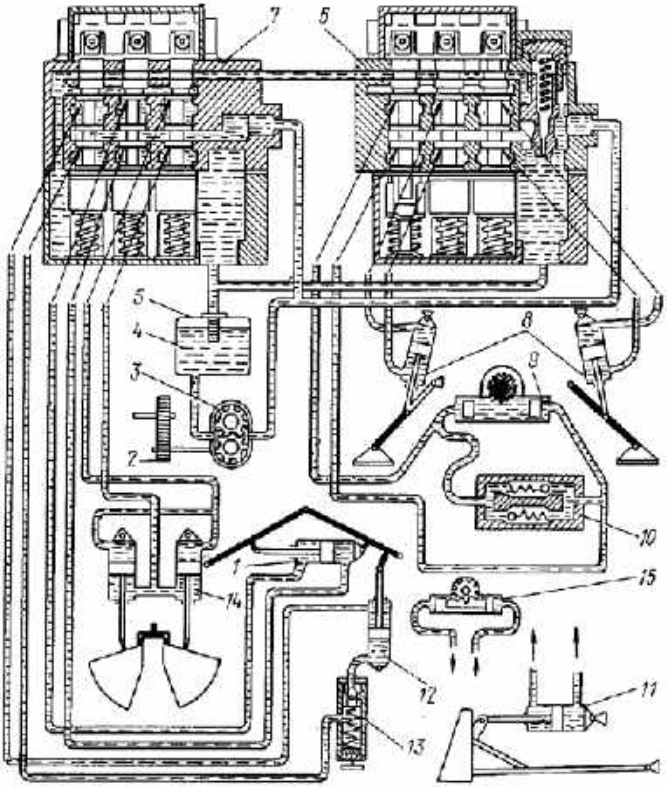


Рис. 9. Гидросистема грейферного погрузчика ПГ-0,2А:
1 – гидроцилиндр надставки; 2 – редуктор; 3 – насос масляный; 4 – маслобак; 5 – фильтр маслобака; 6 – гидрораспределитель Р80-2/2-444; 7 – гидрораспределитель Р80-2/3-444; 8 – гидроцилиндры домкратов; 9 – гидроцилиндр поворота; 10 – гаситель; 11 – гидроцилиндр бульдозера; 12 – гидроцилиндр подъема стрелы; 13 – клапан замедлительный; 14 – гидроцилиндр грейфера; 15 – гидроцилиндр поворота рукояти сменных рабочих органов

Каждый золотник управляет одним гидроцилиндром двустороннего действия. Золотники имеют три положения: два рабочих и одно нейтральное. Золотник устанавливается в рабочее положение движением рукояти от себя или на себя в крайнее положение. При нейтральном положении золотника масло, подаваемое насосом, перепускается через распределитель в бак. При этом полости гидроцилиндра закрыты и шток удерживается в заданном положении.

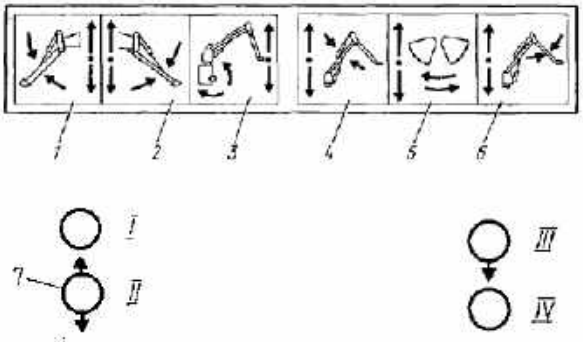


Рис. 10. Символы органов управления погрузчиком:
1 – домкрат левый «Подъем-опускание»; 2 – домкрат правый «Подъем-опускание»; 3 – колонна «Поворот влево-вправо»; 4 – стрела «Подъем-опускание»; 5 – грейфер «Раскрытие-закрытие»; 6 – надставка «Подъём-опускание»; 7 – рукоять управления бульдозером: I – подъем; II – нейтральное положение; III – опускание; IV – плавающее положение

Распределители соединены таким образом, чтобы одновременно работали два распределителя от одного насоса. Нагнетательные и сливные полости соединены между собой соответствующими маслопроводами. Распределители имеют следующие конструктивные отличия: в корпусе распределителя *6* имеется перепускной и предохранительный клапаны. В корпусе распределителя *7* клапаны отсутствуют. Все пружины, за исключением пружины предохранительного клапана, не регулируются. Предохранительный клапан регулируется манометром на стенде на давление 10^{-1} МПа (100^{-10} кгс/см^2).

Гидроцилиндры двустороннего действия (рис. 11) служат для привода исполнительных органов погрузчика: стрелы, надставки, домкратов и бульдозера. Во время движения штока одна полость гидроцилиндра соединена с нагнетающей, а другая – со сливной магистралью.

Редуктор (рис. 12) одноступенчатый, прямозубый, повышающий, модуль 2,5, передаточное число 2,85. Привод редуктора осуществляется от вала отбора мощности шасси через карданный вал.

Ведущий валик насоса через шлицевую эвольвентную муфту соединяется со шлицевым отверстием в шестерне редуктора. Смазывание шестерен и подшипников производится разбрызгиванием. Масло трансмиссионное ТАп-15В или ТСп-15К ГОСТ 23652-79 «Масла трансмиссионные». Емкостью для масла служит нижняя полость корпуса редуктора. Масло заливается через отверстие в крышке, количество залитого масла проверяется по контрольному отверстию. Включение и выключение редуктора производится рычагами управления вала отбора мощности шасси.

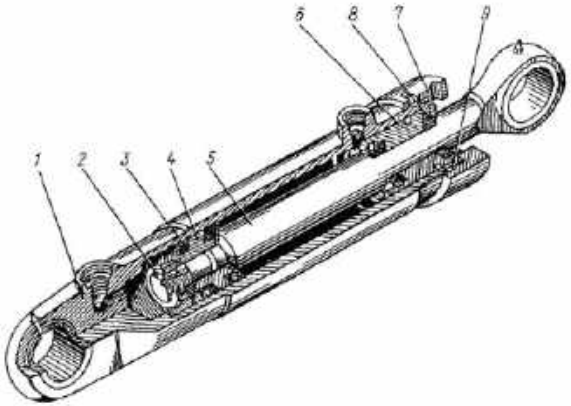


Рис. 11. Гидроцилиндр двустороннего действия:
1 – корпус гидроцилиндра; 2 – гайка специальная; 3 – манжета; 4 – поршень;
5 – шток; 6 – втулка; 7 – крышка передняя; 8 - анжета грязесъемная; 9 – кольцо стопорное

Шлицевая эвольвентная муфта *3* передает крутящий момент от редуктора к насосу. Она состоит из двух полумуфт, сидящих на шлицевом валике насоса и валике, вставляемом в редуктор. Полумуфты соединены зубчатой втулкой *5*. Муфта находится в корпусе 4, жестко соединяющим насос *1* с редуктором *2*.

Масляный насос НШ 50У-2 шестеренчатый, постоянной производительности; служит для нагнетания масла из масляного бака в рабочие полости гидросистемы.

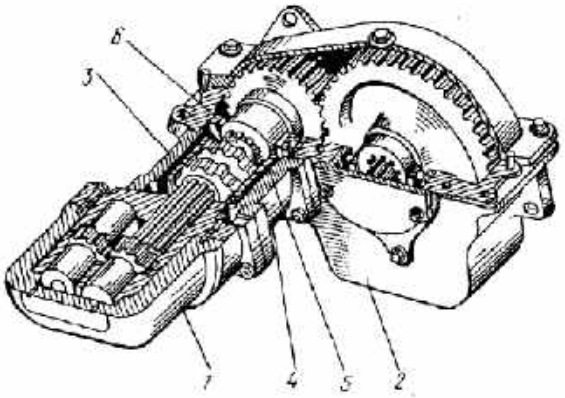


Рис. 12. Редуктор с насосом и муфтой в сборе:
1 – насос масляный; 2 – редуктор; 3 – муфта; 4 – корпус муфты; 5 – втулка;
6 – подшипник

Маслобак (рис. 13) служит емкостью для рабочей жидкости. В верхней части маслобака приварены заливная горловина *1* и патрубок *4*. В заливную горловину вставлен фильтр грубой очистки масла и закрыт съемной крышкой *2*. В патрубок вставлен щуп *3*, имеющий насечки для контроля уровня рабочей жидкости.

В торцовой части маслобака приварены сливная горловина *5*, в которую вставлен фильтр тонкой очистки масла, закрытый фланцем *6*, и заборный патрубок *7*, через который масло поступает к насосу.

Для слива рабочей жидкости в нижней части маслобака предусмотрена сливная пробка *9*.

При монтаже погрузчика на шасси бак крепится к подвеске бульдозера стяжками *8*. Маслобак заправляйте маслом только через фильтр. При нормальной заправке уровень рабочей жидкости должен находиться между контрольными рисками на щупе.

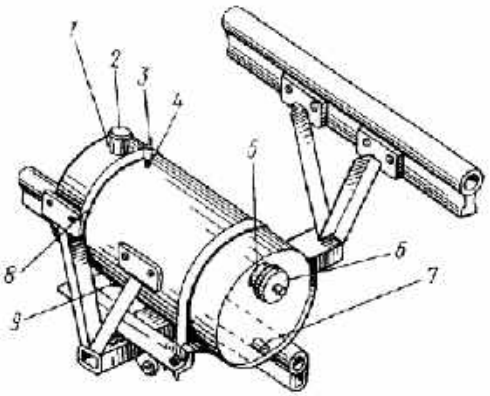


Рис. 13. Маслобак:
1 – горловина заливная; 2 – крышка; 3 – щуп; 4 – патрубок щупа; 5 – горловина; 6 – фланец; 7 – патрубок заборный; 8 – стяжка; 9 – пробка сливная

Гаситель (рис. 14) подключен параллельно цилиндру поворота и состоит из корпуса *1* и двух обратных клапанов, состоящих из шарика *2*, пружины *3* и заглушки *4* с дроссельным отверстием.

При переключении рукояти управления цилиндром поворота из рабочего положения в нейтральное в пределах рабочей зоны масло в полостях цилиндра поворота запирается. В полости, ранее соединенной со сливной магистралью, давление повышается. Под действием этого давления открывается обратный клапан, масло переливается из одной полости в другую, что обеспечивает замедленное прекращение поворота.

Гаситель отрегулирован на заводе-изготовителе и обеспечивает плавную остановку поворота стрелы при максимальном вылете на длине 0,5-0,8 м по дуге окружности.

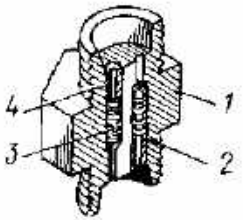


Рис. 14. Гаситель:
1 – корпус; 2 – шарик; 3 – пружина; 4 – заглушка

Гидроцилиндр поворота (рис. 15) служит для поворота стрелы погрузчика. Он состоит из трубы *3*, с одной стороны которой вварена заглушка, с другой навинчена крышка *13*. Уплотнением между крышкой и трубой служит резиновое кольцо *14*. В заглушку и крышку ввинчен корпус *9* демпфера *1* с уплотнительным резиновым кольцом *8*.

Внутри трубы установлена рейка *6*, входящая в зацепление с зубчатым колесом колонны при установке гидроцилиндра. На цапфы рейки напрессованы поршни *4*.

Демпфер предназначен для плавной остановки стрелы в крайних положениях. Принцип его работы следующий. Поршень *4* гидроцилиндра *1* поворота, не доходя 38 мм до крайнего положения, нажимает на золотник *2*. Золотник, перемещаясь в корпусе *9*, перекрывает сливное отверстие от гидроцилиндра. После этого масло на слив проходит через полости, образованные коническими пазами в золотнике. По мере перемещения золотника в корпусе поперечное сечение пазов сужается, а путь прохождения масла по пазам увеличивается. В результате в демпфере и под поршнем гидроцилиндра давление рабочей жидкости возрастает по мере перемещения поршня в крайнее положение. Таким образом, обеспечивается плавное торможение при повороте стрелы. Для нормального перемещения золотника служит клапан *12* и пружина *10*.

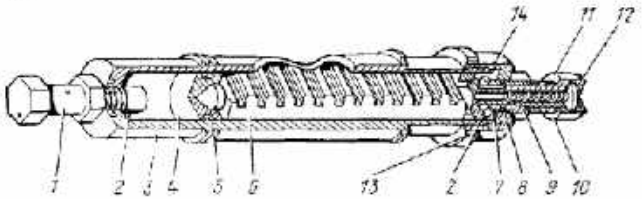


Рис. 15. Гидроцилиндр поворота с демпферами:
1 – демпфер; 2 – золотник; 3 – труба; 4 – поршень; 5 – манжета; 6 – рейка; 7 – стопорное кольцо; 8 – кольцо уплотнительное; 9 – корпус; 10 – пружина; 11 – колпак; 12 – клапан; 13 – крышка; 14 – кольцо уплотнительное

Клапан замедлительный (рис. 16) состоит из корпуса *1*, бонки *5*, пружины *4*, поршня *3*, пробки *6*, гайки *7*, штуцера *2*, шайбы *8* и переходника *9*.

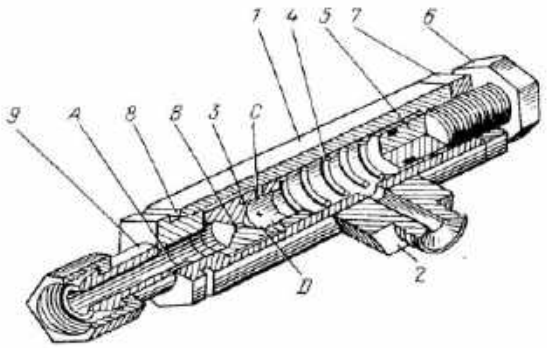


Рис. 16. Клапан замедлительный:
1 – корпус; 2 – штуцер; 3 – поршень; 4 – пружина; 5 – бонка;
6 – пробка; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – переходник

При малых нагрузках в грейфере масло проходит через отверстия С и В поршня и полость D , обеспечивая максимальную скорость опускания стрелы.

При увеличении нагрузки в грейфере увеличивается давление в полости А, дроссель смещается, преодолевая усилие пружины *4*, отверстие С перекрывается и масло проходит только через отверстие В, уменьшая тем самым скорость опускания стрелы.

Регулировка клапана осуществляется пробкой *6*. При вращении пробки по часовой стрелке скорость опускания стрелы увеличивается, против часовой стрелки – уменьшается.

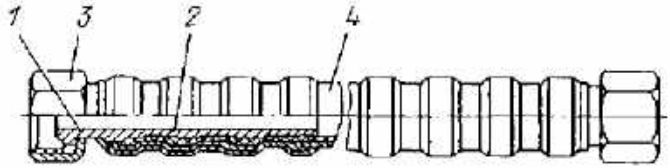


Рис. 17. Рукав высокого давления:
1 – ниппель; 2 – муфта; 3 – гайка накидная; 4 – рукав

Рукава высокого давления, установленные на погрузчике, имеют следующее обозначение Н.036.83.070 и состоят из ниппеля *1* (рис. 17), муфты *2*, накидной гайки *3* и рукава *4*. Всего установлено 8 рукавов различной длины от 460 до 1810 мм.

Контрольные вопросы

1. Из каких гидроузлов состоит гидросистема грейферного погрузчика ПГ-0,2А?
2. Какие конструктивные отличия имеют распределители грейферного погрузчика ПГ-0,2 А?
3. Пояснить принцип работы гидроцилиндра поворота с демпферами.
4. Назначение и принцип работы гасителя грейферного погрузчика ПГ-0,2А?
5. Устройство замедлительного клапана грейферного погрузчика ПГ-0,2А?

Лабораторная работа №6. Гидрооборудование объемных гидростатических трансмиссий

Цель работы. Изучить устройство, гидравлические схемы и взаимодействие узлов и агрегатов гидростатических трансмиссий.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по тексту и гидросхемам взаимодействие узлов гидростатических трансмиссий.

2. Вычертить в рабочей тетради принципиальные гидравлические схемы (рис. 18 и 19) и разобраться в условных обозначениях.

На самоходных уборочных машинах широкое применение нашли объемные гидростатические трансмиссии. Испытания зарубежных и отечественных гидрофицированных комбайнов выявили целый ряд их преимуществ: увеличение сменной и сезонной производительности (на уборке зерновых до 30% и на уборке риса до 50%), существенное повышение надежности ходовой части, снижение затрат времени и труда на ТО, повышение качества технологического процесса, улучшение условий труда комбайнеров.

Гидростатические объемные трансмиссии (рис. 18) могут быть двухмашинными с нерегулируемым гидромотором и регулируемым насосом, двухмашинными с регулируемыми насосами гидромотором, трехмашинными и четырехмашинными.

На рисунке 19 показана схема двухмашинной гидротрансмиссии, применяемой на свеклоуборочных комбайнах КС-6Б, картофелеуборочных КСК-4, зерноуборочных «Дон» и других машинах. Регулируемый насос *2* приводится во вращение от двигателя *1* и подает рабочую жидкость к нерегулируемому реверсивному гидромотору *5*. Жидкость через блок обратных клапанов *9* засасывается через фильтр тонкой очистки *10* из резервуара шестеренным насосом подпитки *3* и под давлением, ограниченным клапанами *4*, подается во всасывающую полость, а затем по рукавам высокого давления поступает в рабочую полость нерегулируемого гидромотора *5*, установленного на трехступенчатой коробке передач *6* (одна передача транспортная и две - рабочие). От коробки передач вращение передается на задний мост *7* и ведущие колеса *8*. В гидросистеме имеются охладитель жидкости *11*, фильтр грубой очистки *10*, сливная, дренажная коммуникации, датчики уровня, вакуумметр.

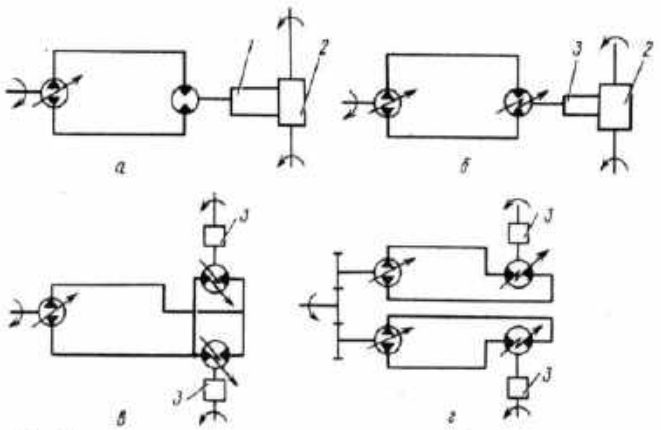


Рис. 18. Схемы гидравлических трансмиссий самоходных машин:
а, б – двухмашинные; в – трехмашинная; г – четырехмашинная;
1 – коробка передач; 2 – дифференциал; 3 – редуктор

Скорость и силу тяги изменяют в зависимости от рабочего объема регулируемого насоса.

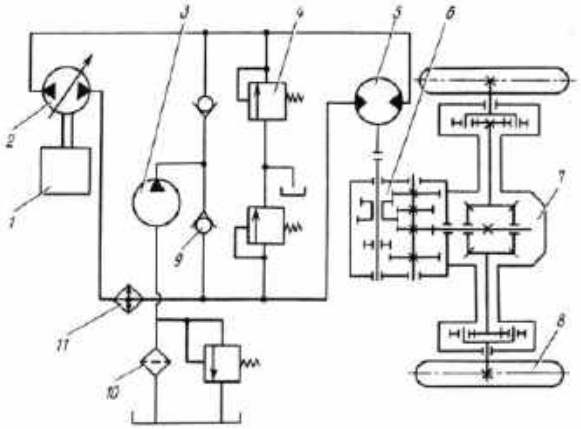


Рис. 19. Схема двухмашинной гидротрансмиссии самоходных машин:
1 – двигатель; 2 – регулируемый насос; 3 – насос подпитки;
4 – клапан; 5 – гидромотор; 6 – коробка передач; 7 – задний мост;
8 – ведущие колеса; 9 – обратный клапан; 10 – фильтр; 11 – охладитель

В основных гидротрансмиссиях самоходных машин для изменения скорости движения используют насос переменного рабочего объема, получающий вращение от ДВС. Исполнительный контур (ИК) гидротрансмиссии комбайнов в общем виде включает в себя гидравлическую (гидромоторы) и механическую (главная передача, дифференциал, КПП, бортовые редукторы)

части. Передаточное число ИК регулируется гидравлическим (изменением рабочего объема гидромотора) или механическим (включением в работу различных зубчатых шестерен) способами.

В первом случае применяют ступенчатое и бесступенчатое регулирование рабочего объема гидромоторов. Ступенчатое регулирование позволяет упростить конструкцию и снизить массу гидромотора по сравнению с бесступенчатым. Оно достигается при использовании составных гидромоторов путем подсоединения различного их числа в работу и при переключении гидромоторов с параллельной на последовательную схему соединения.

Второй способ регулирования ИК заключается обычно во введении КПП. Схема с изменением передаточного числа бортовых редукторов не получила распространения ввиду сложности конструкции последних, что, однако, не исключает возможности ее применения. При нерегулируемом исполнительном контуре его можно рассматривать как частный случай обоих способов, при котором число ступеней регулирования равно единице.

Для каждого способа может применяться один гидромотор, что вынуждает устанавливать механический дифференциал, или два гидромотора, встраиваемых в колеса.

На рисунке 20 показана трехмашинная схема гидростатической трансмиссии, применяемой на зерноуборочном комбайне Е-516.

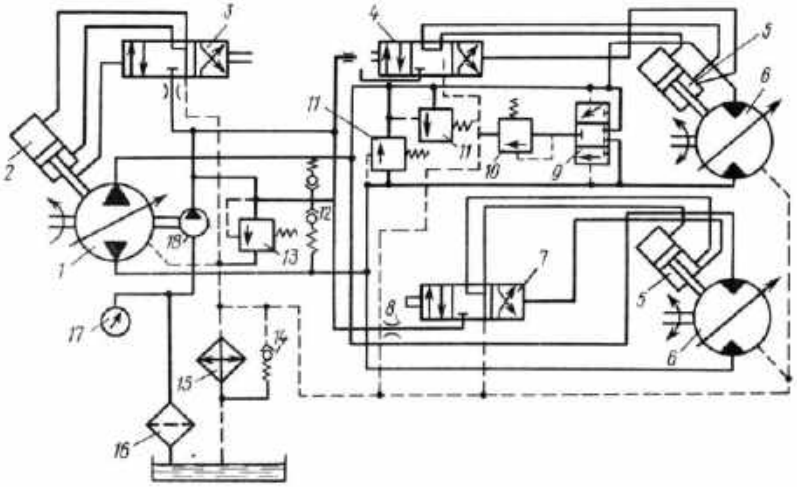


Рис. 20. Схема трехмашинной гидростатической трансмиссии зерноуборочного комбайна Е-516:

1 – регулируемый насос; 2, 5 – гидроцилиндры; 3 – золотник-реверс; 4, 7, 9 – распределители; 6 – гидромоторы; 8 – дроссель; 10, 11, 13 – -предохранительные клапаны; 12 – блок обратных клапанов; 14 – обратный клапан; 15 – охладитель; 16 – фильтр; 17 – вакуумметр; 18 – насос подпитки

На комбайнах с трехмашинной трансмиссией отсутствуют механические узлы, масса которых примерно в 3 раза больше массы деталей, снимаемых при установке двухмашинной трансмиссии. Кроме того, благодаря понижению скоростного режима гидромоторов и сокращению числа механических передач несколько повышается КПД.

Регулируемый аксиально-поршневой насос *1* приводится во вращение от двигателя. Установленный на одном валу с основным насосом насос подпитки *18* подает жидкость через блок обратных клапанов *12* в магистраль низкого давления. Насос *1* направляет жидкость к регулируемым гидромоторам *6*, которые установлены непосредственно в ведущих колесах. Скорость регулируется изменением рабочих объемов гидромашин при помощи гидравлических цилиндров *5* и распределителей *7* и *9*. В гидросистему входят также предохранительные клапаны *10*, 11, *13*, фильтр *16*, охладитель *15*, вакуумметр *17*, дроссели *8*, золотник реверс *3*. Применение трехмашинной схемы позволяет исключить коробку передач, задний мост, дифференциал и значительно повысить надежность ходовой системы.

В гидростатических трансмиссиях самоходных машин с целью отключения гидромоторов и перевода их в режим свободного вращения проводят «расцепление» катков поршневых групп и криволинейных участков профилированной направляющей, фирмой «Партек» (Финляндия) рекомендуется следующая схема (рис. 21). Такой гидропривод включает регулируемый насос *12* и насос подпитки *11* с системой клапанов *9* и *10*. Гидромоторы *7* и *8* выключают при помощи распределителей *4* и *5*. При этом напорная и сливная гидролинии привода через распределители *4* и *5* соединяются с гидробаком, а в корпусе гидромоторов *7* и *8* устанавливается давление жидкости, определяемое давлением жидкости в гидроаккумуляторе *6* и давлением в сливной гидролинии, зависящим от настройки подпорного клапана *1*. Под действием давления жидкости в корпусе гидромоторов *7* и *8* их поршневые группы перемещаются к центру моторов; при этом прекращается контакт катков поршневых групп с криволинейными участками профилированной направляющей. Эти гидромоторы не создают тормозного момента, исключаются также потери энергии, связанные с циркуляцией жидкости в их каналах. При включении гидромоторов *7* и *8* в работу (в дополнение к гидромоторам *2*, *3*) распределители *4* и *5* установлены в другие позиции. Давление в гидроаккумуляторе *6* меньше давления жидкости в сливной гидролинии, и катки поршневых групп находятся в постоянном контакте с участками профилированной направляющей.

Схему (рис. 21) целесообразно использовать на тракторных прицепах, полуприцепах и в трансмиссиях самоходных или прицепных машин.

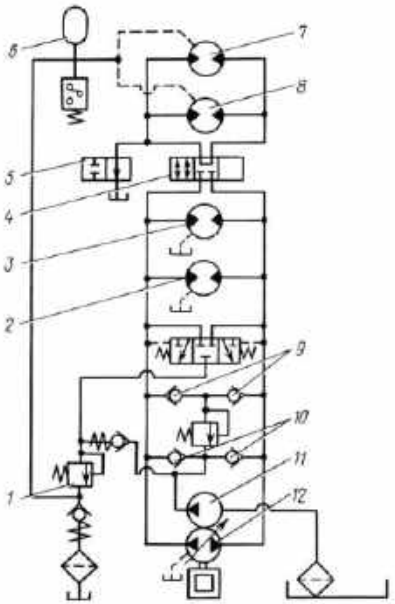


Рис. 21. Схема гидростатической трансмиссии фирмы «Партек» (Финляндия):
1 – подпорный клапан; 2, 3, 7, 8 – гидромоторы; 4, 5 – распределители;
6 – гидроаккумулятор; 9. 10 – клапаны; 11 – насос подпитки; 12 – регулируемый насос

В конструкциях зарубежных фирм распространение получает и гидропривод, который используется и на прицепных машинах. Так, фирма «Партек» (Финляндия) применяет гидростатические вспомогательные передачи на прицепах-самосвалах и других транспортных средствах (рис. 22).

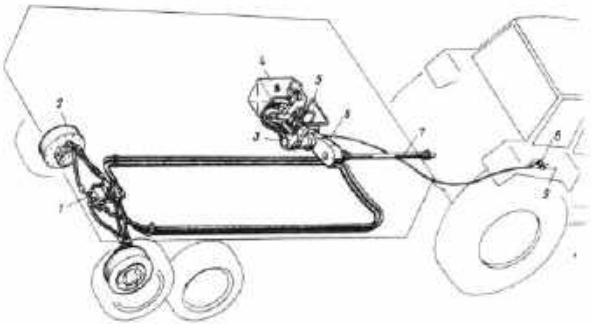


Рис. 22. Схема гидропривода вспомогательных передач:
1 – распределитель; 2 – мотор-колесо: 3 – насос; 4 – резервуар;
5 – клапанная коробка; 6 – редуктор; 7 – карданная передача;
8 – рычаг режима работы; 9 – рычаг управления

Прицеп-самосвал оснащен собственным резервуаром *4*, гидравлическим насосом *3*, клапанной коробкой 5, распределителем *1* и мотор-колесами *2*. Насос приводится во вращение от ВОМ трактора через карданную передачу *7* и редуктор *6*. Гидравлическая трансмиссия работает следующим образом: от ВОМ передается вращение на вал аксиально-поршневого насоса *3* переменной подачи. Жидкость под давлением поступает через направляющий и распределительный клапаны и систему трубопроводов к гидромоторам, которые включаются в работу при помощи рычагов 9 и 8. Гидростатическая вспомогательная передача обеспечивает автоматическую синхронизацию с главной передачей агрегатируемого трактора. Гидромоторы, встроенные в ступицы ведущих колес мобильных машин, значительно упрощают конструкцию ходовых систем.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы двухмашинной гидротрансмиссии.
2. Перечислите преимущества комбайнов оснащенных объемной гидростатической трансмиссией.
3. Что включает в себя исполнительный контур гидротрансмиссии комбайнов.
4. Пояснить принцип работы трехмашинной гидротрансмиссии.
5. Что делают в гидростатических трансмиссиях самоходных машин для перевода гидромоторов в режим свободного вращения?

Лабораторная работа № 7. Основная гидросистема кормоуборочного комбайна ДОН-680

Цель работы. Изучить устройство, гидравлические схемы и взаимодействие узлов и агрегатов комбайна ДОН-680.

Порядок выполнения работы

1. Изучить работу гидросистемы комбайна.
2. Вычертить в рабочей тетради принципиальные гидравлические схемы (рис. 24) и разобраться в условных обозначениях.

Принцип действия гидросистемы

Основная гидросистема кормоуборочного комбайна Дон-680 предназначена для управления рабочими органами комбайна, участвующими в его технологическом процессе. С ее помощью осуществляет: подъем и опускание адаптера *10*, *12* (рис. 23); включение и выключение привода питающего аппарата *9* и измельчителя *3*; быстрый реверс и заточку барабана; поворот *5*, наклон *4* силосопровода и его козырька *1*.

Таблица 5

Техническая характеристика основной гидросистемы комбайна ДОН-680

Показатели	Значение
Давление в системе, МПа	12,5
Общая заправочная вместимость, л	45
Вместимость бака, л	25
Марка насоса	НШ-32А-3
подача, л/мин	56,5
Тип распределителей	золотниковые секционные
количество, шт.	3
число секций распределителей, шт.	10
Гидромоторы ГМП-125, ГМП-165, тип	планетарные

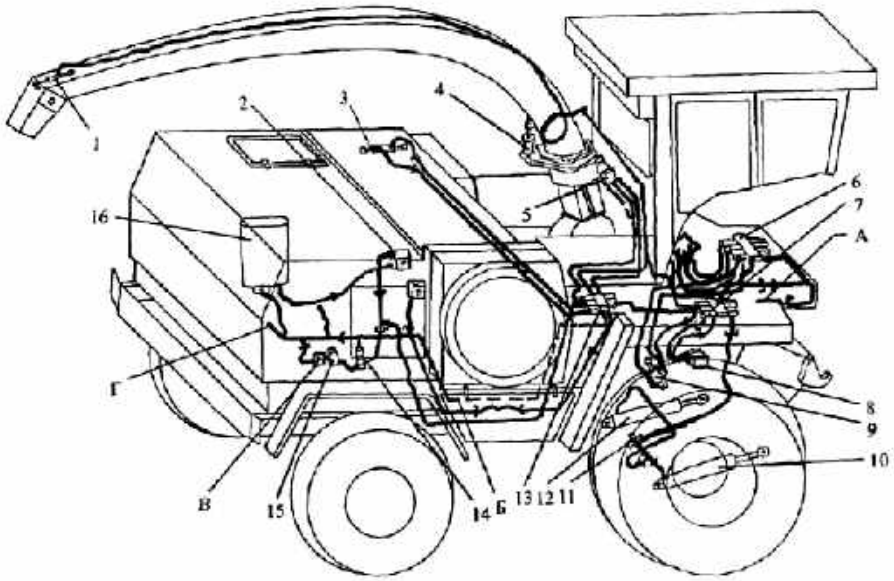


Рис. 23. Монтажная схема основной гидросистемы комбайна Дон-680:
А – место слива масла с четырехсекционного электрогидравлического распределителя;
Б – место слива масла из гидросистемы; В – место замера давления; Г – место заправки гидросистемы; 1 – гидроцилиндр наклона козырька силосопровода; 2 – насос НШ-32А-3;
3 – гидроцилиндр леникса включения измельчителя; 4 – гидроцилиндр наклона силосопровода; 5 – гидромотор МГП-125 поворота силосопровода;
6 – четырехсекционный электрогидравлический распределитель;
7, 13 – трехсекционные электрогидравлические распределители; 8 – гидромотор МГП-165 быстрого реверса и заточки барабана; 9 – гидроцилиндр леникса включения питающего аппарата; 10, 12 – гидроцилиндры подъема адаптера; 11 – дросселирующий клапан;
14 – гидроклапан с электромагнитным управлением;
15 – предохранительно-переливной гидроклапан; 16 – масляный бак

Гидросистема включает в себя масляный бак *16* (общий с гидросистемой рулевого управления), шестеренный насос *2*, предохранительно-переливной клапан *15*, гидроклапан с электромагнитным управлением *14*, гидрораспределители с электрогидравлическим управлением 6 (четырехсекционный), *7* и *13* (трехсекционные), дросселирующий настраиваемый клапан *11*, рабочие гидроцилиндры, магистрали, дроссели и гидромуфты.

В гидросистеме можно выделить четыре потока рабочей жидкости (рис. 24): всасывания – магистраль *2*, нагнетания – магистраль *16*, управления – магистрали *5*, *12* и слива – магистрали *8*, *9*, *10* и *13*.

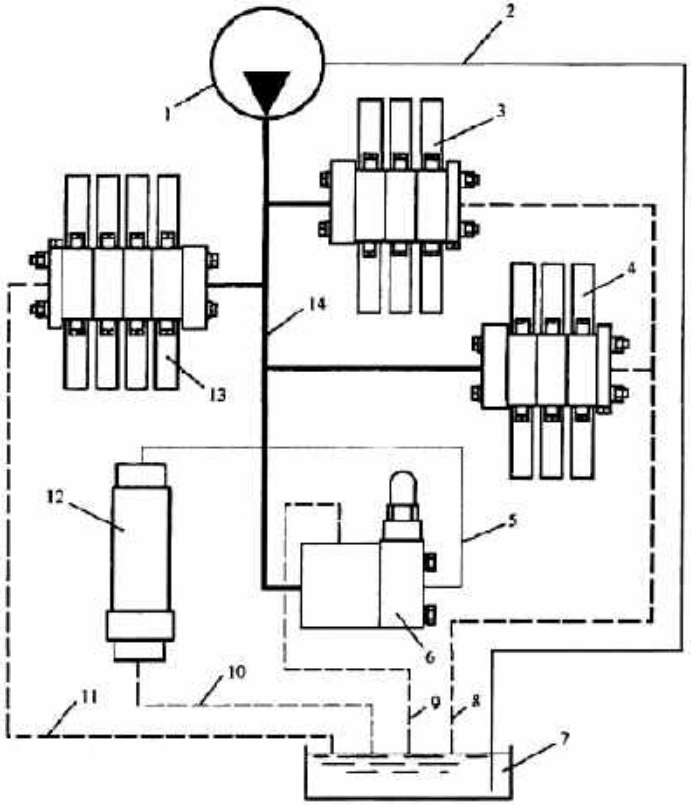


Рис. 24. Схема потоков рабочей жидкости при нейтральном положении гидросистемы:
1 – насос; 2 – поток подачи рабочей жидкости в насос;
3, 4,13 – электрогидравлические распределители; 5 – поток управления;
6 – предохранительно-переливной клапан; 7 – масляный бак; 8, 9, 10, 11 – потоки слива;
12 – клапан с электромагнитным управлением; 14 – поток нагнетания от насоса

При работающем двигателе масло из бака *7* по магистрали *2* насосом *1* подается в магистраль *16* нагнетания.

Если все золотники распределителей *3*, *4* и *13* находятся в нейтральном положении, масло перекачивается в бак двумя потоками – по магистрали управления и сливной магистрали *9*.

По магистрали управления масло уходит на слив через дроссельное отверстие предохранительно-переливного клапана *6*, магистраль *5*, клапан с электромагнитным управлением *12* и магистраль *10*.

Так как дроссельное отверстие не может перепустить весь поток масла из нагнетательной магистрали, то в основном он уходит на слив через предохранительно-переливной клапан *6* и сливную магистраль *9*.

При включении любого из рабочих органов магистраль управления перекрывается так как при включении гидрораспределителей *3*, *4* и *13* канал управления запирается клапаном *12*. После закрытия магистрали управления предохранительно-переливной клапан перекрывает проход масла из нагнетательной магистрали *14* в сливную *9*, и оно от распределителей поступает к включенным потребителям.

Устройство и работа узлов основной гидросистемы

Бак, шестеренный насос, предохранительно-переливной клапан, гидрораспределители с электрогидравлическим приводом, клапан с электромагнитным управлением, дросселирующий настраиваемый клапан и почти все рабочие гидроцилиндры имеют те же назначение и конструкцию, что и у зерноуборочного комбайна.

Четырехсекционный гидрораспределитель *6* (рис. 23) расположен на раме комбайна с правой стороны и управляет гидроцилиндрами вертикального и горизонтального перемещения мотовила адаптера, вариатора привода мотовила, включения привода питающего аппарата.

Два трехсекционных распределителя *7* и *13* расположены на раме с правой стороны по ходу движения.

Передний гидрораспределитель *7* предназначен для включения гидромотора быстрого реверса и заточки измельчающего барабана, гидроцилиндров наклона силосопровода и подъема адаптера.

Задний гидрораспределитель *13* включает леникс измельчающего барабана, поворачивает силосопровод и его козырек. На этом трехсекционном распределителе установлен вентиль *14* (рис. 25) для слива масла из поршневой полости гидроцилиндра леникса измельчающего барабана. Такая необходимость возникает при внезапной или аварийной остановке двигателя комбайна с включенным лениксом. Открывая вентиль *14*, и воздействуя на гидроцилиндр леникса механически, можно задвинуть шток до конца (леникс выключен), так как масло через болт-штуцер *15*, трубопровод *2* и болт-штуцер *7* уходит на слив через секцию поворота козырька силосопровода.

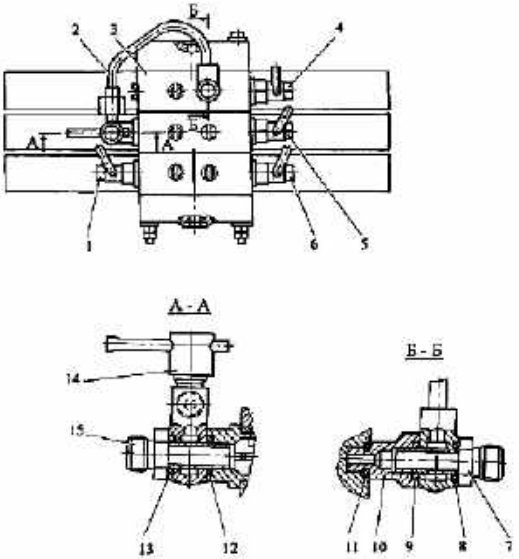


Рис. 25. Задний трехсекционный гидрораспределитель:
1, 4, 5, 6 – болты-дроссели; 2 – трубопровод; 3 – гидрораспределитель;
7, 15 – болты-штуцера; 8, 9, 11, 12, 13 – уплотнительные кольца; 10 – штуцер;
14 – вентиль

Секция трехсекционного гидрораспрелителя, управляющая поворотом козырька силосопровода, имеет в перегородке расточки болта-штуцера *4* отверстие для прямого соединения со сливом основной системы. Через это же отверстие, при включении козырька силосопровода, часть масла уходит на слив, создавая в управляющим им гидроцилиндре более низкое давление, чем настройка ППК. Уменьшается количество масла, проходящего через дроссели магистралей, увеличивается время поворота козырька.

Рабочие гидроцилиндры основной гидросистемы предназначены для привода в действие, изменения режимов работы и установочных параметров рабочих органов комбайна, обеспечивающих нормальное протекание технологического процесса.

Гидроцилиндры, в зависимости от характера управляемого ими процесса, могут быть двустороннего (поршневые) и одностороннего (плунжерные) действия.

Гидроцилиндры двустороннего действия установлены на включении лениксов питающего аппарата и быстрого реверса жатвенной части (рис. 26, а), а также включения заточки барабана (рис. 26, б).

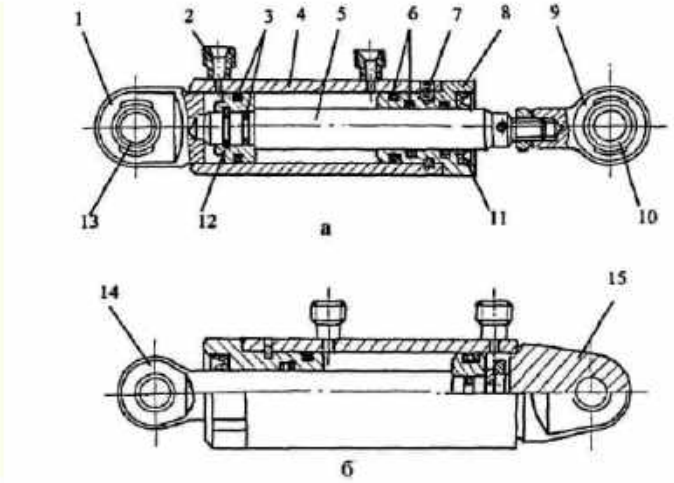


Рис. 26. Гидроцилиндры двустороннего действия:
а – деликсов питающего аппарата и быстрого реверса жатвенной части;
б – включения заточки барабана; 1,15 – донышки; 2, 16 – штуцера;
3, 6 – уплотнительные кольца; 4 – гильза; 5 – шток; 7, 12 – стопорные кольца;
8 – головка; 9, 14 – проушины; 10, 13 – сферические втулки; 11 – грязесъемник

Гидроцилиндры этого типа выполнены в виде гильзы *4* с приваренным к ней донышком *1* со сферической втулкой *13* для присоединения.

Во внутренней полости гильзы установлен шток *5* с поршнем. Последний фиксируется на штоке стопорным кольцом *12*. Уплотнительные кольца *3* устраняют перетекание масла из полости давления в полость слива. Головка *8*, внутри которой перемещается шток, вставлена в гильзу и зафиксирована стопорным кольцом *7*. В головке установлены уплотнительные кольца *6* и грязесъемное каркасное кольцо *11*. На внешнем конце штока может быть выполнена как целая (*14*) или навернута (*9*) проушина для присоединения цилиндра к рабочему органу, которым он управляет. Во втором случае проушина снабжена сферической втулкой *10*, позволяющей регулировать длину штока. Сферические втулки *10*, *13* дают возможность гидроцилиндрам самоустанавливаться во время работы. Если такая компенсация не требуется, в донышке *15* выполняют обычное отверстие.

К цилиндру приварены штуцера *2*, сообщающиеся с внутренней полостью гильзы через просверленные в ней каналы. Один из штуцеров *16* может быть выполнен в донышке цилиндра.

Гидроцилиндры одностороннего действия применяются для подъема и опускания адаптера комбайна (рис. 27, а) и поворота козырька силосопровода (рис. 27, б).

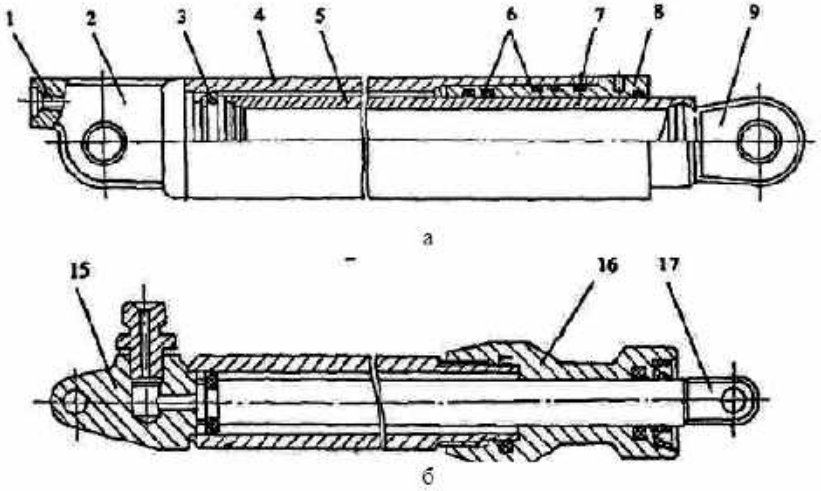


Рис. 27. Гидроцилиндры одностороннего действия:
а – подъема и опускания адаптера комбайна; б – гидроцилиндр поворота козырька силосопровода; 1 – штуцер; 2,15 – донышки; 3, 7 – стопорные кольца; 4 – гильза; 5 – плунжер; 6 – уплотнительные кольца; 8, 16 – головки; 9, 17 – проушины

Корпус этих цилиндров состоит из гильзы *4* и приваренного к ней донышка *2* с проушиной. В донышке имеется штуцер 1 для соединения цилиндра с гидросистемой.

В гильзу гидроцилиндра вставлена головка *8* и уплотнена с ней и плунжером резиновыми кольцами *6*. Осевое перемещение головки предотвращается стопорным кольцом *7*. Головка *16* может быть навернута на внешнюю поверхность гильзы.

Плунжер *5* движется в гильзе с зазором и направляется головкой *8*, в которой скользит с минимальным зазором. Его ход ограничен замковым кольцом *3*, установленным в канавке плунжера.

Головка плунжера *16* выполнена заодно с ним, может быть приварена (*9*) для соединения цилиндра с управляемым органом.

Для уменьшения массы цилиндра плунжер может быть сделан пустотелым.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы предохранительно-переливного клапана.
2. Назначение основной гидросистемы кормоуборочного комбайна Дон-680.
3. Техническая характеристика основной гидросистемы комбайна ДОН-680.
4. Какие гидроузлы включает в себя гидросистема комбайна ДОН-680?
5. Назовите потоки рабочей жидкости гидросистемы комбайна ДОН-680.
6. Поясните устройство и работа узлов основной гидросистемы.

Лабораторная работа № 8. Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8»

Цель работы. Изучить устройство, основных частей пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».

Порядок выполнения работы

1. Описать устройство и работу агрегатов пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений.

2. Изучить работу основных частей пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений.

Воздухораспределитель – служит для управления тормозами сельскохозяйственной машины (рис. 28). Он устанавливается на сельскохозяйственной машине рядом с воздушным баллоном и при снижении давления в магистрали сельскохозяйственной машины подает сжатый воздух из воздушного баллона в тормозные камеры сельскохозяйственной машины. При восстановлении давления в магистрали воздухораспределитель выпускает сжатый воздух из тормозных камер в атмосферу.

Верхняя полость а (рис. 28) соединена с магистралью управления тормозами сельскохозяйственной машины, полость *б* - с воздушными баллонами сельскохозяйственной машины, полость *в* - с тормозными камерами сельскохозяйственной машины и полость *г* - с атмосферой.

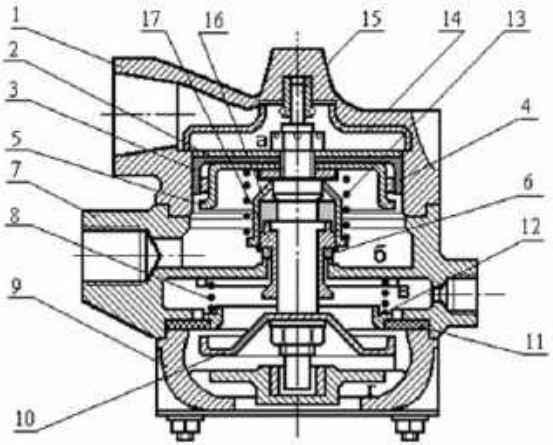


Рис. 28 Воздухораспределитель:
1, 7, 9, 14 – элементы корпуса; 2 – тарелка; 3 – манжета;
6 – впускной клапан, 8 – полость клапана, 10 – выпускной клапан;
11 – диафрагма; 12, 13 – пружина; 15 – шток; 16, 17 – клапан

Исходное состояние: пружина *13* прижимает клапан *17* к гнезду корпуса *7*, разъединяя полости *б* и *в*. Одновременно эта пружина поднимает вверх тарелку *2* поршня со штоком 15 и выпускной клапан *10* кромками упирается в диафрагму *11*. Полость *в* и соединенная с ней магистраль отделяются от полости *г* и атмосферы. В этом состоянии все полости разделены между собой.

В отторможенном состоянии сжатый воздух заполняет полость *а*, проходит между стенками корпуса и краями манжеты поршня в полость *б* и в воздушные баллоны прицепа. При этом воздух давит на поршень и заставляет его опускаться вниз. Сжатый воздух поступает из полости *а* в полость *б* до выравнивания давления в них. Поскольку в соединительной магистрали сельскохозяйственной машины давление составляет (4,8-5,3) кг/см^2, то такое же давление воздухораспределитель установит в воздушных баллонах сельскохозяйственной машины.

При нажатии на педаль тормоза давление воздуха в соединительной магистрали и в полости *а* падает. Давление в полости *б* (под поршнем) становится выше, чем в полости *а* (над поршнем). Поршень сдвигается вверх, увлекая за собой шток *15* и выпускной клапан *10*. Сжатый воздух проходит из воздушных баллонов прицепа через полость *б* в полость в и далее в тормозные камеры сельскохозяйственной машины. По мере расходования воздуха на торможение давление в полости *б* уменьшается и воздух в полости в, действуя на диафрагму *11* вместе с пружиной *8*, сдвигает шток вниз. При смещении вниз выпускного клапана пружина *13* прижмет впускной клапан *6* к гнезду в корпусе *7* и давление в тормозных камерах сельскохозяйственной машины стабилизируется. Для повышения давления в тормозных камерах необходимо еще снижать давление в магистрали сельскохозяйственной машины. Снова повторится процесс впуска воздуха в тормозные камеры. Таким образом обеспечивается следящее действие воздухораспределителя.

При резком нажатии на педаль тормоза (аварийное торможение) давление в соединительной магистрали резко падает до нуля. Это вызывает быстрый подъем вверх поршня и штока воздухораспределителя и полное открытие впускного клапана. Сжатый воздух из баллонов прицепа быстро проходит в тормозные камеры. Большой перепад давления в полостях *а* и *б* не дает впускному клапану закрыться и в тормозных камерах сельскохозяйственной машины устанавливается давление, равное давлению в баллонах прицепа. Это вызывает резкое торможение.

При отпускании педали тормоза в полости *а* давление поднимается до величины 4,8 кг/см^2 и воздух под этим давлением вместе с усилием от воздуха на выпускной клапан в полости *в* вызывают перемещение штока вниз до упора его бурта в проточку клапана. Выпускной клапан *10* отходит от диафрагмы *11*. В образовавшуюся щель воздух выходит из тормозных камер

через полости *в* и *г* в атмосферу. Происходит оттормаживание сельскохозяйственной машины.

Давление воздуха в полости а отжимает манжету *3* поршня, и воздух попадает в полость *б* и воздушные баллоны сельскохозяйственной машины, компенсируя израсходованный воздух на предыдущее торможение.

Воздухораспределитель может работать в качестве тормозного крана сельскохозяйственной машины. В этом случае полость а соединена с поддиафрагменной полостью тормозного крана трактора, полость *б* – с воздушными баллонами трактора, полость *в* – с магистралью, связывающей трактор с сельскохозяйственной машиной и полость *г* – с атмосферой.

Регулятор давления – служит для автоматического поддержания необходимого давления воздуха в пневматической системе. Он ограничивает минимальный и максимальный пределы давления в ПС путем подачи сжатого воздуха в разгрузочное устройство компрессора или удаления из него, обеспечивая при этом включение или выключение подачи воздуха компрессором в систему.

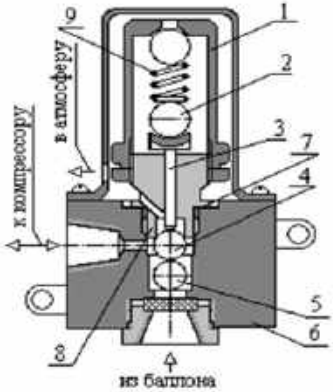


Рис. 29 Регулятор давления:
1 – колпак; 2 – шарик; 3 – стержень; 4 – выпускной клапан; 5 – впускной клапан; 6 – корпус выпускного клапана; 7 – прокладка; 8 – гнездо; 9 – пружина

В отечественных автомобилях применяют регуляторы давления двух типов: с шариковыми клапанами и диафрагменные. Регулятор давления с шариковым клапаном АР-10 представлен на рис. 29. В корпусе *6* размещены два шариковых клапана *4* и *5*, которые действуют на стержень *3*, связанный с регулировочной пружиной *9* через шарик *2*. При давлении в пневматической системе ниже максимального, пружина *9* удерживает впускной клапан *5* в прижатом состоянии к гнезду в корпусе *6* и полость разгрузочного устройства компрессора сообщается с атмосферой. Если давление в системе превысит максимальное, то под действием силы давления впускной клапан

5 откроет отверстие и одновременно выпускной клапан *4* перекроет выпускное отверстие гнезда *8*. В этом положении связь полости разгрузочного устройства компрессора с атмосферой прерывается. Сжатый воздух проходит через впускной клапан *5* и поступает в разгрузочное устройство компрессора.

Верхний предел давления регулируют колпаком *1* (изменяют натяжение пружины *9*). Разность давлений, при которой включается или выключается разгрузочное устройство, устанавливается изменением количества прокладок *7* под корпус *6* выпускного клапана. При снятии прокладок разность давлений увеличивается, при добавлении – уменьшается.

Регулятор давления АР-11 крепится к блоку цилиндров компрессора и отличается от АР-10 наличием двух фильтров на входе и выходе, что повышает надежность.

Воздушные баллоны – служат для аккумулирования сжатого в компрессоре воздуха. Благодаря им компрессор работает под нагрузкой кратковременно, а при достижении определенного давления в баллонах разгружается на время, пока из них не израсходуется определенное количество воздуха.

В зависимости от расхода сжатого воздуха потребителями, необходимо иметь определенный запас, которого должно хватать на некоторый период работы пневматической системы при внезапном прекращении работы компрессора.

Общий объем баллонов влияет на работу компрессора. При установке баллонов большого объема компрессор включается реже, но работает дольше, что может привести к его перегреву и снижению производительности. При малых объемах сокращается время непрерывной работы компрессора, но увеличивается частота его включений.

Наиболее распространенный воздушный баллон состоит из цилиндрической обечайки и двух штампованных выгнутых днищ, приваренных к ней. На баллонах к днищам и к обечайке сверху и снизу приварены бобышки, имеющие резьбовые отверстия для присоединения воздухопроводов и сливных кранников. После сварки баллоны снаружи и изнутри покрывают коррозионно-устойчивой краской и проверяют на герметичность под давлением.

Предохранительный клапан – предназначен для защиты пневматической системы от чрезмерного повышения давления воздуха в случае неисправности автоматического регулятора давления. Он устанавливается на одном из воздушных баллонов.

В корпусе *2* клапана (рис. 30) с одного конца ввернут штуцер *1* с гнездом для клапана *3*, а с другого – регулирующий винт 6. Стальной шарик прижат к гнезду через составной шток *7* усилием пружины *4*. Пружина отрегулирована на предельное давление, при котором воздух отжимает шарик

от гнезда и выходит в атмосферу. Клапан регулируют винтом *6* и стопорят контргайкой *5*.

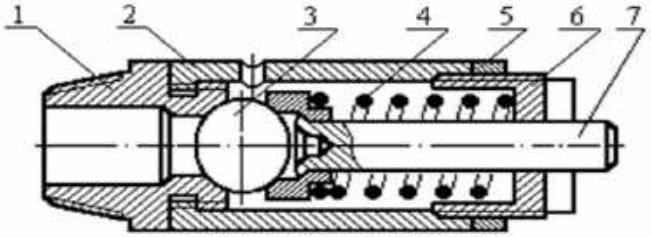


Рис. 30 Предохранительный клапан:
1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – клапан; 4 – пружина; 5 – контрогайка;
6 – регулировочный винт; 7 – составной шток

Обратные клапаны – служат для предотвращения утечки воздуха в атмосферу из баллонов в случае повреждения части системы, подключенной к другим баллонам, или при резком падении давления в системе соединяющей компрессор с баллонами. Они устанавливаются на входе в воздушные баллоны.

Обратный клапан, представленный на рис. 31, состоит из корпуса *1*, трубки с отверстиями *2*, пластинчатого клапана *3* и пружины *4*. Этот клапан устанавливается внутри баллона. Возможность накопления в нем конденсата и примерзания клапана исключены, т.к. конденсат стекает в воздушный баллон.

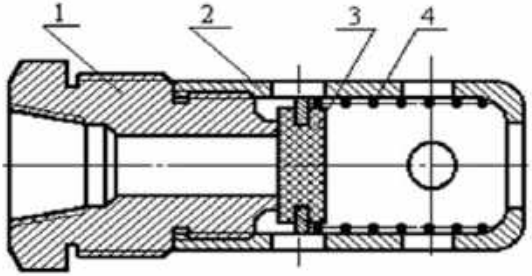


Рис. 31 Обратный клапан:
1 – корпус; 2 – трубка с отверстиями; 3 – пластинчатый клапан; 4 – пружина

Сливные краны – предназначены для периодического слива конденсата из всех баллонов и масловлагоотделителя (рис. 32). Пружина *2* прижимает клапан к седлу *4* в нормальном состоянии. Выпуск конденсата осуществляется наклоном клапана *3* с помощью кольца *5*.

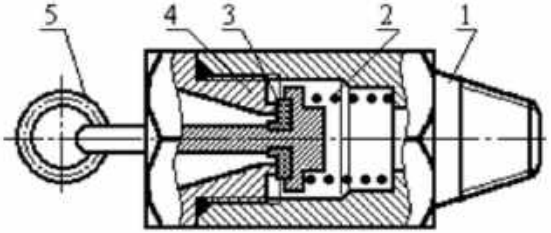


Рис. 32 Сливной клапан:
1 – корпус; 2 – пружина; 3 –клапан; 4 – седло; 5 – кольцо

Тормозной кран сельскохозяйственной машины – устанавливается в том случае, если трактор оборудован тормозным краном, не предназначенным для управления давлением в магистрали сельскохозяйственной машины.

Тормозной кран сельскохозяйственной машины управляется давлением воздуха, поступающего из поддиафрагменной полости установленного на тракторе односекционного тормозного крана.

Тормозной кран сельскохозяйственной машины выполняет следующие функции:

- торможение сельскохозяйственной машины, выпуская воздух из соединительной магистрали при повышении давления в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора;
- оттормаживание, подавая сжатый воздух в соединительную магистраль при падении давления в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора;
- обеспечивает соответствие давления в соединительной магистрали давлению в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
2. Устройство тормозного крана пневмосистемы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
3. Расскажите устройство воздухораспределителя пневмосистемы.
4. Принцип работы тормозного крана пневмосистемы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
5. Поясните принцип работы воздухораспределителя пневмосистемы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Володько, О. С. Гидравлические и пневматические системы транспортно-технологических машин : учебное пособие. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 252 с.

2. Протасов, А. А. Гидросистема комбайнов «ДОН-1500Б» и «ДОН-680» : учебное пособие ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», Саратов, 2003. – 46 с.

3. Лепешкин, А. В. Гидравлические и пневматические системы : учебное пособие / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин. – М. : ACADEMIA, 2011. – Режим доступа: http://www.twirpx.com/file/494098/

4. Стесин, С. П. Гидравлика, гидромашины и гидропривод : учебное пособие. – М. : ACADEMIA, 2008 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments /fragment_20001.pdf

5. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]. 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.

6. Кононов, А. А. Гидравлика. Гидравлические машины и гидроприводы СДМ : методические указания / А.А. Кононов, С. М. Ермашонок. – Братск : БрГТУ, 2003. – 61 с.

7. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов [и др.]; Под. ред. Б. Б. Некрасова. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Минск : Высшая школа, 1985. – 382 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Лабораторная работа № 1 Условные обозначения элементов гидропривода в принципиальных гидравлических схемах 4
Лабораторная работа № 2 Гидравлическое оборудование стенда для испытания агрегатов гидропривода с/х техники КИ-4815М 14
Лабораторная работа № 3 Гидрооборудование ботвоуборочной машины БМ-6А 21
Лабораторная работа № 4 Гидрооборудование картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ» 25
Лабораторная работа № 5 Гидрооборудование грейферного погрузчика ПГ-0,2А 30
Лабораторная работа № 6 Гидрооборудование объемных гидростатических трансмиссий 37
Лабораторная работа № 7 Основная гидросистема кормоуборочного комбайна «ДОН-680» 42
Лабораторная работа № 8 Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8» 49
Рекомендуемая литература 55

Учебное издание

Иванайский Сергей Александрович, Денисов Сергей Владимирович, Киров Юрий Александрович, Мишанин Александр Леонидович

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД
Методические указания для практических занятий

Подписано в печать 23.12.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,50; печ. л. 3,26. Тираж 50. Заказ № 312.
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

С. Н Жильцов, М. С. Приказчиков

НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания для практических занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 631.3.004.67(07)
ББК 34.414
Ж72

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Жильцов, С. Н.

Ж72 Надёжность технических систем : методические указания / С. Н. Жильцов, М. С. Приказчиков. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022 – 79 с.

Методические указания содержат необходимый материал, который способствует приобретению практических навыков в области надёжности технических систем, контрольные вопросы, список рекомендуемой учебной литературы.

Учебное издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Жильцов С. Н,
Приказчиков М. С., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к практическим занятиям по надёжности технических систем составлены в соответствии с требованиями образовательных программ подготовки студентов обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Цель методических указаний – способствовать формированию профессиональных компетенций в области надежности технических систем.

Практические занятия способствуют приобретению практических навыков, закрепляют и углубляют теоретические знания, развивают умение пользоваться справочной литературой и методиками оценки физической надёжности машин и определения показателей надежности различных технических объектов.

Практическое занятие № 1
ВЫБОР ПЛАНА ИСПЫТАНИЙ

Цель занятия: *освоить методику выбора плана испытаний и количества необходимых объектов.*

Теоретические сведения

Планы испытаний:

Планы определяют общую методику проведения испытаний: количество наблюдаемых объектов, характер действий после возникновения отказа и критерий прекращения испытаний.

Для обозначения плана испытаний используют символические обозначения из трех латинских букв: первая обозначает объем выборки, вторая - характер действий с отказавшими объектами, третья - критерий прекращения испытаний.

Согласно РД 10.2.8, который устанавливает порядок сбора и обработки информации о надежности сельскохозяйственной техники, рекомендованы следующие планы испытаний: [NUN]; [NUT]; [NUr]; [NRT]; [NRr],

где N – число объектов поставленных под наблюдение (объем выборки);

U – планы, в которых отказавшие объекты не заменяют новыми;

R – планы, в которых объекты в случае отказа заменяют на новые.

T – установленная продолжительность испытаний;

R – число отказов, до возникновения которых ведутся испытания;

Перечисленные планы трактуют следующим образом:

[NUN] – под наблюдение поставлено N объектов, испытания ведут до возникновения отказов (определения требуемых показателей) у всех объектов, отказавшие объекты не заменяют;

[NUT] – испытания ведут до наработки T;

[NUr] – испытания ведут до возникновения r отказов;

[NRT] – испытания ведут до наработки T, отказавшие объекты заменяют;

[NRr] – испытания ведут до возникновения r отказов, отказавшие объекты заменяют новыми или отремонтированными.

Виды информации:

Полная информация - у всех объектов проходивших испытания зафиксированы требуемые показатели или возникли отказы (план [NUN]).

Усеченная информация – отказы или требуемые показатели за время испытаний были зафиксированы не у всех объектов (планы [NUT], [NRr]).

Многократно усеченная информация - часть работоспособных объектов были преждевременно сняты с испытаний *(приостановлены)* либо заменены, при этом по ним не были зафиксированы требуемые показатели.

Выбор плана испытаний

При выборе учитывают относительную продолжительность, стоимость и точность соответствующих планов испытаний, сравнительная оценка эффективности которых приведена в таблице 1, а также показатель надежности, который требуется определить - таблица 2.

Таблица 1

Сравнительная эффективность планов испытаний

План испытаний	Средняя продолжительность	Средняя стоимость	Точность
[NUN]	-	-	+
[NUT], [NUr]	±	±	±
[NRT], [NRr]	+	+	-

Таблица 2

Рекомендуемые планы испытаний

Показатель надежности	Обозначение плана	Тип выборки
Средний ресурс, средняя наработка до отказа	[NUN]	Полная
Гамма - процентный ресурс, гамма - процентная наработка до отказа	[NUT], [NUr]	Усеченная
Вероятность безотказной работы, средняя наработка на отказ, коэффициент готовности	[NRT], [NRr]	Многократно усеченная

Для определения числа испытываемых объектов задаются значениями точности δ и доверительной вероятности β в зависимости от предъявляемых к объекту от требований – таблица 3.

Таблица 3

Параметры δ и β для различных объектов испытаний

Объект	δ	β
Изделие в целом; деталь, обусловливающая внешний вид изделия	0,15…0,20	0,80…0,90
Базовая деталь	0,10…0,15	0,90…0,95
Детали, обеспечивающие безопасность изделия	0,05	0,90…0,95

В зависимости от механизма отказа по таблице 4 принимают наиболее вероятный закон распределения и значение коэффициента вариации V.

Таблица 4

Коэффициенты вариаций ресурса изделий машиностроения

Закон распределения	Вид предельного состояния, причина отказа	Коэффициент вариации, V
Нормальный, ЗНР	Достижение предельного состояния целого изделия	0,10…0,20
	Достижение предельного состояния агрегата	0,30
	Достижение предельного состояния деталей и узлов	0,30
	Наработка до предельного состояния при сочетании износа, коррозии и усталости	0,30
Вейбула, ЗРВ	Разрушение от усталости при изгибе и кручении	0,40…0,50
	Разрушение резьбовых соединений	0,70
	Межремонтный ресурс	0,60…0,80
	Разрушение от контактной усталости	0,70

После того, как приняты и обоснованы значения δ, β и V для выбранного плана испытаний определяют соответствующие параметры: N, r, T.

Для плана [NUN] (полная выборка) количество объектов для испытаний определяют по таблице 5 либо по формулам:

- при нормальном законе распределения:

$$\frac{t_{(2\beta-1)}}{\sqrt{N}} = \frac{\delta}{V} \qquad (1)$$

где $t_{(2\beta-1)}$ – коэффициент Стьюдента, для наложения доверительных границ при ЗНР, принимается по справочным таблицам, например [1];

- при законе распределения Вейбула:

$$\frac{2N}{r_{1(2\beta-1)}} = (\delta + 1)^b \qquad (2)$$

где b – параметр распределения Вейбула [1];

$r_{1(2\beta\text{-}1)}$ – коэффициент, используемый при наложении доверительных границ для ЗРВ [1].

Таблица 5

Количество машин или их элементов (повторность информации) при односторонней доверительной вероятности

N	ЗНР δ/V			ЗРВ $(\delta+1)^b$		
	β=0,80	β =0,90	β =0,95	β =0,80	β =0,90	β =0,95
4	0,49	0,82	1,17	1,74	2,29	2,93
6	0,38	0,60	0,82	1,54	1,90	2,29
8	0,32	0,50	0,67	1,43	1,72	2,01
10	0,28	0,44	0,58	1,37	1,61	1,82
12	0,25	0,39	0,52	1,33	1,53	1,73
14	0,23	0,36	0,47	1,29	1,48	1,65
16	0,22	0,33	0,44	1,27	1,43	1,59
18	0,20	0,31	0,41	1,25	1,40	1,55
20	0,19	0,30	0,39	1,23	1,37	1,51
22	0,18	0,28	0,37	1,22	1,35	1,48
24	0,17	0,27	0,35	1,21	1,33	1,45
26	0,17	0,26	0,33	1,20	1,32	1,43
28	0,16	0,25	0,32	1,19	1,30	1,41
30	0,16	0,24	0,31	1,18	1,29	1,39
40	0,13	0,20	0,26	1,16	1,24	1,32
50	0,12	0,18	0,24	1,14	1,21	1,28
60	0,11	0,16	0,22	1,12	1,19	1,25
70	0,10	0,15	0,20	1,11	1,17	1,23
80	0,10	0,14	0,19	1,10	1,16	1,21
90	0,10	0,14	0,18	1,10	1,15	1,20
100	0,09	0,13	0,17	1,09	1,14	1,19

Расчет параметров для планов испытаний [NUT]; [NUr]; [NRT]; [NRr], рассмотрен в литературе [1], [2].

Задание 1

Определить объем выборки, необходимый для оценки среднего ресурса лемехов восстановленных на ремонтном предприятии.

Задание 2

Оценить точность полученной в результате испытаний лемехов информации (при параметрах, выбранных в задании 1), если коэффициент вариации полученный при обработке опытных дан-

ных больше ожидаемого в 1,5 раза. При необходимости уточните объем выборки.

Задание 3

Определить объем выборки, необходимый для оценки послеремонтного ресурса двигателей.

Контрольные вопросы

1. Какие планы испытаний применяют при испытании объектов в АПК?
2. Какие различают виды информации?
3. На основании чего выбирается тот или иной план испытаний?
4. Как определяется необходимое количество объектов для проведения испытаний?

Практическое занятие № 2
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ С ПОСТРОЕНИЕМ СТАТИСТИЧЕСКОГО РЯДА ИНФОРМАЦИИ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и построение статистического ряда информации.*

Построение статистического ряда информации

Для облегчения построения статистического ряда составляется сводная таблица (табл. 6) исходной информации в порядке возрастания показателей надежности (вариационный ряд).

Таблица 6

Вариационный ряд

№	Показатель надежности	№	Показатель надежности

Статистический ряд составляют в том случае, когда повторность информации N больше 25 значений.

Для построения статистического ряда вся информация разбивается на n интервалов:

$$n = \sqrt{N}, \qquad (3)$$

Полученный результат округляют в сторону увеличения, с тем, чтобы вся информация попала в статистический ряд. Количество интервалов не должно выходить за пределы $n = 6…20$.

Определяют величину интервала A по формуле:

$$A = \frac{t_{max} - t_{min}}{n}, \quad (4)$$

где t_{max}, t_{min} – наибольшее и наименьшее значения показателя надежности.

Для удобства расчетов величину интервала A округляют.

Статистический ряд информации (табл. 7) состоит из четырех строк. В первой строке указываются границы интервалов. Начало первого интервала совпадает с наименьшим значением ресурса. Окончание интервала получают путем прибавления к его началу величины интервала. Началом последующего интервала является окончание предыдущего.

Во второй строке – частота m_i характеризующая количество случаев попадания информации в каждый интервал.

В третьей – опытная вероятность P_i случайной величины определяется по формуле:

$$P_i = \frac{m_i}{N} \quad (5)$$

В четвертой – накопленная опытная вероятность ΣP_i получается путем последовательного суммирования опытных вероятностей P_i. Для первого интервала накопленная вероятность ΣP_1 равна опытной вероятности P_1. Для второго интервала: $\Sigma P_2 = P_1 + P_2$ и т.д.

Таблица 7

Статистический ряд информации

Интервалы тыс. мото-ч										
Частота, m_i										
Опытная вероятность, P_i										
Накопленная вероятность, ΣP_i										

Правильность построения статистического ряда может быть проверена по накопленной вероятности. Для последнего интервала $\Sigma P_i = 1$.

Проверка информации на выпадающие точки

В исходной информации, полученной в процессе наблюдения, могут быть данные, не свойственные общему закону распределения. Это получается в том случае, когда на испытания были поставлены отдельные машины с заведомо низким или повышенным ресурсом. Поэтому, перед окончательной математической обработкой информацию проверяют на выпадающие точки.

При выявлении выпавших точек, их необходимо отбросить, перестроить статистический ряд с повторением проверки.

Существует два метода проверки:

1) по правилу $\pm 3\sigma$

По правилу $\pm 3\sigma$ проверяют крайние точки (минимальное и максимальное значения ресурса). Если крайние точки информации не выходят за пределы $\bar{t} \pm 3\sigma$, то они являются действительными.

Т.е. точки, которые не вошли в данный интервал, являются выпавшими и их нельзя учитывать в дальнейшей обработке.

При наличии статического ряда среднее значение ресурса определяют по уравнению:

$$\bar{t} = \sum_{1}^{n} t_{ic} \cdot P_i \qquad (6)$$

где n – количество интервалов в статическом ряду;

t_{ic} – значение середины i-го интервала;

P_i – опытная вероятность i-го интервала.

Среднее квадратическое отклонение определяют по уравнению:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{1}^{n} (t_{ic} - \bar{t})^2 \cdot P_i} \qquad (7)$$

2) по критерию λ (критерий Ирвина).

По критерию Ирвина можно проверить как крайние, так и любые другие смежные точки информации.

Фактическое значение критерия Ирвина определяют по формуле:

$$\lambda_{on} = \frac{1}{\sigma}(t_i - t_{i-1}) \qquad (8)$$

где t_i и t_{i-1} – смежные точки информации.

Полученное значение λ_{on} сравнивают с теоретическим λ_m.

Теоретические значения критерия Ирвина приведены в таблице П.1.1 приложения.

Если $\lambda_{on} > \lambda_m$, то проверяемая точка является выпавшей.

Построение полигона и кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда

У большинства показателей надежности тракторов и сельскохозяйственных машин (ресурс, стоимость и время восстановления) минимальные значения не равны нулю. При большой повторности полученной информации минимальное значение может оказаться меньше.

Так, для построения полигона и кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда и для оценки минимально возможного ресурса рассчитывают начало смещения, $t_{cм}$.

$$t_{cм} = t_{1н} - 0,5 \cdot A \qquad (9)$$

где $t_{1н}$ – нижний предел значения показателя надежности в первом интервале (наименьшее значение ресурса).

По оси абсцисс откладываются в масштабе значения показателя надежности (например ресурс), масштаб выбирается кратным величине интервала уточненного ряда. По оси ординат откладываются в масштабе опытная вероятность P_i (рис. 1) и накопленная вероятность ΣP_i (рис. 2).

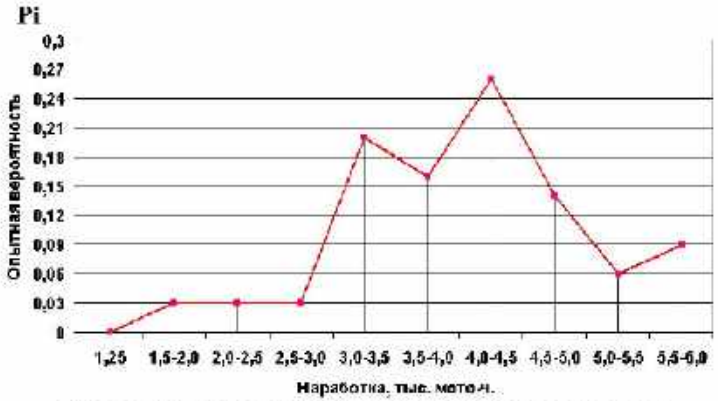


Рис. 1. Пример построения полигона распределения

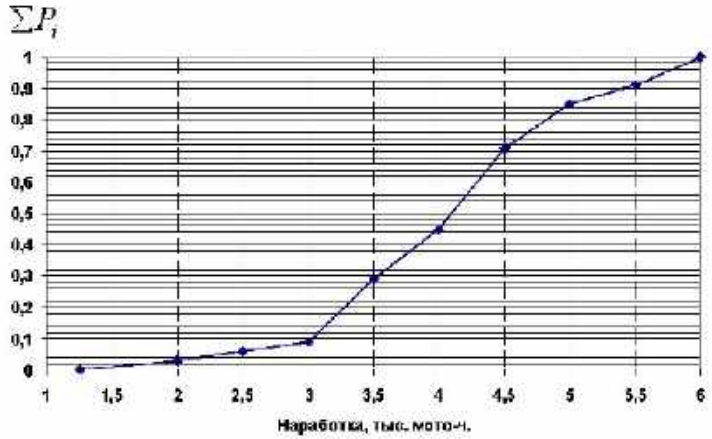


Рис. 2. Пример построения кривой
накопленных опытных вероятностей

Точки полигона образуются пересечением ординаты, равной опытной вероятности P_i в каждом интервале, и абсциссы, равной середине соответствующего интервала.

Точки кривой накопленных вероятностей образуются пересечением ординаты, равной накопленной вероятности ΣP_i в каждом интервале и абсциссы конца соответствующего интервала.

Полигон и кривая накопленных вероятностей начинаются с $t_{см}$ и получаются путем последовательного соединения отрезками прямых отдельных точек полигона и кривой накопленных вероятностей.

Задание 1

Используя исходные данные построить статистический ряд информации.

Задание 2

Провести проверку информации на выпадающие точки (по правилу $\pm 3\sigma$), при обнаружении впавших точек провести перестроение статического ряда информации (с учетом выпавших точек).

Задание 3

Построить полигон и кривую накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда.

Исходные данные: В условия рядовой эксплуатации под наблюдением (план NUN) находились 70 двигателей (повторность информации N=70). По ним при возникновении ресурсных отказов фиксировалась наработка в мотто-часах. Информация по доремонтному ресурсу двигателей приведена ниже.

2010; 1870; 3060; 3200; 3210; 3480; 4370; 5840; 7800; 4470; 4930; 4130; 4180; 4300; 3300; 2900; 3610; 3620; 3790; 4420; 4470; 4600; 4820; 4850; 5100; 5210; 1500; 3300; 3260; 2010; 2720; 3420; 3900; 3970; 4000; 4210; 4300; 4380; 4990; 5400; 5900; 5970; 3020; 3060; 3180; 3810; 3700; 4130; 4260; 5950; 5790; 4990; 4730; 4490; 3210; 3300; 3460; 3580; 3920; 3940; 4000; 4100; 4230; 4350; 4490; 4570; 4710; 4910; 5350; 5670.

Контрольные вопросы

1. Когда и каким образом производится построение статистического ряда информации?

2. Как определяется частота, опытная и накопленная вероятность?

3. Какие существуют методы проверки информации на выпадающие точки?

4. Как определяют среднее квадратическое отклонение?

5. Как выполняется построение полигона распределения показателя надежности по данным статистического ряда?

6. Как выполняется построение кривой накопленных опытных вероятностей по данным статистического ряда?

Практическое занятие № 3
РАСЧЕТ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ И ИНТЕГРАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ ДЛЯ ЗНР И ЗРВ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и методы расчета значений дифференциальных и интегральных функций теоретических законов распределения (ЗНР и ЗРВ).*

Расчет коэффициента вариации

Для обеспечения возможности расчета показателей надежности с необходимой точностью опытную информацию выравнивают, подбирая для ее описания тот или иной теоретический закон распределения (ТЗР). Существует несколько методов выбора ТЗР. Один из них по коэффициенту вариации V:

$$V = \frac{\sigma}{\bar{t} - C} \qquad (10)$$

где $\bar{t}$ – средний ресурс;

C – средний ресурс;

σ – среднеквадратическое отклонение.

Если V<0,30, то принимают закон нормального распределения (ЗНР), если V>0,50, то – закон распределения Вейбулла (ЗРВ). Если значение коэффициента вариации находится в интервале от 0,30 до 0,50, то выбирают тот закон, который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации.

Для этого необходимо рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций в каждом интервале статистического ряда для рассматриваемых законов распределения.

Расчет дифференциальных и интегральных функций для закона нормального распределения

Для нормального закона распределения точки дифференциальной кривой определяются по формуле:

$$f(t) = \frac{A}{\sigma} f_0 \left(\frac{\left| t_{ic} - \bar{t} \right|}{\sigma} \right) \qquad (11)$$

где A – величину интервала;

f_0 – центрированная дифференциальная функция ЗНР;

f_{ic} – середина i-го (каждого) интервала.

Значения f_0 принимаются по таблице П.1.2 приложения в зависимости от отношения $\frac{\left| t_{ic} - \bar{t} \right|}{\sigma}$.

Точки интегральной функции $F(t)$ определяются по формуле:

$$F(t) = F_0 \cdot \left(\frac{t_{ik} - \bar{t}}{\sigma} \right) \qquad (12)$$

где F_0 – центрированная интегральная функция ЗНР;

t_{ik} – конец i-го интервала.

Значения F_0 принимаются по таблице П.1.3 приложения.

При отрицательных значениях аргумента используют формулу:

$$F_0(-t) = 1 - F_0(+t) \tag{13}$$

Результаты расчета интегральных и дифференциальных функций сводятся в таблицу 8.

Таблица 8

Сводная таблица теоретических распределений

Интервал, тыс. мото-ч	Дифференциальная функция		Интегральная функция	
	ЗНР	ЗРВ	ЗНР	ЗРВ
1,5-2,0				
2,0-2,5				
2,5-3,0				
3,0-3,5				
3,5-4,0				
4,0-4,5				
4,5-5,0				
5,5-6,0				
6,0-6,5				

Расчет дифференциальных и интегральных функций для закона распределения Вейбулла

Для расчета значений интегральных и дифференциальных функций закона распределения Вейбулла вначале по таблице П.1.4 приложения определяются его параметр b и коэффициент $Св$. Вход в таблицу осуществляется по коэффициенту вариации V. По коэффициенту $Св$ рассчитывается параметр a:

$$a = \frac{\sigma}{c_в} \tag{14}$$

а по нему отношение

$$\frac{t_{тс} - C}{a} \tag{15}$$

для каждого интервала статистического ряда.

Значение дифференциальной функции ЗРВ определяют по формуле:

$$f(t) = \frac{A}{a} f\left(\frac{t_{тс} - C}{a}\right) \tag{16}$$

где f – центрированная дифференциальная функция ЗРВ, значения которой принимаются по таблице П.1.5 приложения;

C – смещение начала рассеивания;

A – величина интервала.

Значения интегральной функции ЗРВ определяют по формуле:

$$F(t) = F\left(\frac{t_{ix} - C}{a}\right) \qquad (17)$$

где F – табулированная интегральная функция ЗРВ, значения которой принимают по таблице П.1.6 приложения. Вход в таблицу осуществляют по значениям аргумента и параметра b.

Приближенно значение дифференциальной функции для ЗРВ в i-ом интервале статистического ряда можно найти как разность значений интегральных функций в конце $F(t_{ix})$ и начале $F(t_{in})$ этого же интервала:

$$f(t_{ic}) = F(t_{ik}) - F(t_{in}) \qquad (18)$$

Результаты расчета интегральных и дифференциальных функций так же сводятся в таблицу 8.

Задание 1

Используя исходные данные рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций теоретических законов распределения (ЗНР и ЗРВ). Результаты расчетов оформить в виде таблицы 8.

Исходные данные:

Уточненный статистический ряд

Интервалы тыс. мото-ч	1,5-2,0	2,0-2,5	2,5-3,0	3,0-3,5	3,5-4,0	4,0-4,5	4,5-5,0	5,0-5,5	5,5-6,0
Частота, m_i	2	2	2	14	11	18	10	4	6
Опытная вероятность, P_i	0,03	0,03	0,03	0,20	0,16	0,26	0,14	0,06	0,09
Накопленная вероятность, ΣP_i	0,03	0,06	0,09	0,29	0,45	0,71	0,85	0,91	1,00

$N = 69$; $n = 9$; $A = 500$ мото-ч.; $C = 1250$ мото-ч.;

средний ресурс, $\bar{t} = 4050$ мото-ч.;

среднеквадратическое отклонение $\sigma = 925$ мото-ч.:

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются особенности расчета интегральных и дифференциальных функций ЗНР и ЗРВ?

2. Как определить значения дифференциальной функции, если известны значений интегральной функции?

Практическое занятие № 4
МЕТОДЫ ВЫБОРА ТЕОРЕТИЧЕСКОГО ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и методы выбора теоретического закона распределения (ТЗР) по показателям надежности.*

Общие сведения выбора ТЗР по критериям согласия

Физический смысл выбора закона (проверки) по критериям согласия заключается в определении степени расхождения между опытной и теоретической вероятностью. При этом в качестве меры совпадения (или расхождения) принимают различные параметры: сумму квадратов отклонения теоретических вероятностей от опытных, наибольшее или суммарное отклонение кривой накопленных опытных вероятностей от интегральной кривой теоретического закона распределения и т.д.

Критерий согласия является случайной величиной и, следовательно, подчиняется определенному закону распределения. Поэтому по величине критерия согласия в каждом случае можно определить вероятность совпадения опытных и теоретических функций и принять или отбросить выбранный теоретический закон распределения показателя надежности.

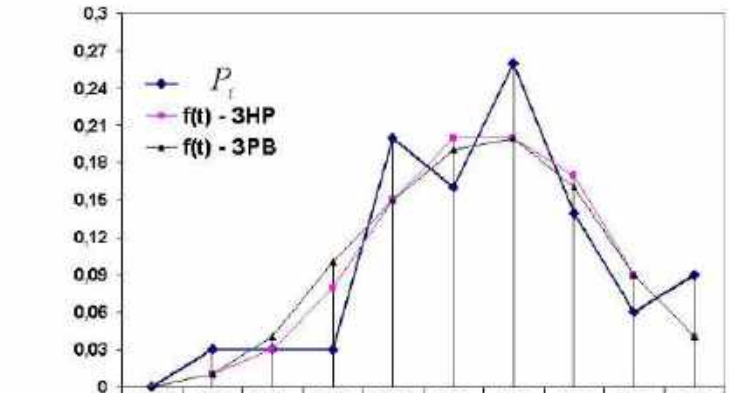
Следует иметь ввиду, что как бы ни была велика вероятность совпадения, она свидетельствует только о том, что выбранный закон не противоречит опытным данным, но не гарантирует того, что этот закон в данном случае лучше, чем какой-либо другой, выравнивает опытную информацию. Поэтому наиболее удачно используют критерии согласия тогда, когда необходимо один теоретический закон из двух или нескольких.

Выбор теоретического закона распределения по коэффициенту вариации

Если $V<0{,}30$, то принимают закон нормального распределения (ЗНР), если $V>0{,}50$, то – закон распределения Вейбулла (ЗРВ). Если значение коэффициента вариации находится в интервале от 0,30 до 0,50, то выбирают тот закон, который обеспечивает лучшее совпадение с распределением опытной информации.

Для этого необходимо рассчитать значения дифференциальных и интегральных функций в каждом интервале статистического ряда для рассматриваемых законов распределения.

Затем провести визуальный анализ сходимости опытной и теоретической информации по полигону распределения (рис. 3) и дифференциальным функциям рассматриваемых законов (рис. 4). Предпочтение отдается тому закону, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации (визуальный анализ графических зависимостей).



	1,25	1,75	2,25	2,75	3,25	3,75	4,25	4,75	5,25	5,75
P_i	0	0,03	0,03	0,03	0,2	0,16	0,26	0,14	0,06	0,09
f(t) - ЗНР	0	0,01	0,03	0,08	0,15	0,2	0,2	0,17	0,09	0,04
f(t) - ЗРВ	0	0,01	0,04	0,1	0,15	0,19	0,2	0,16	0,09	0,04

Рис. 3. Пример построения полигона распределения информации рассматриваемых законов

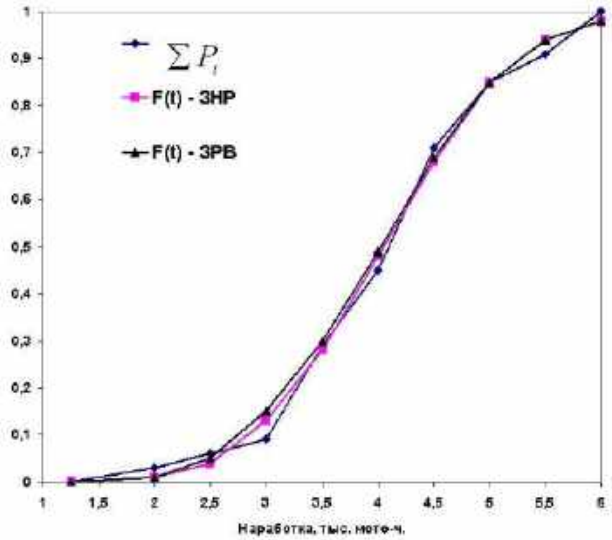


Рис. 4. Пример построения кривых накопленных опытных вероятностей рассматриваемых законов

Если визуальный анализ показывает, что явно не просматривается закон теоретического распределения, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации и как следствие сложно отдать предпочтение в пользу ЗНР или ЗРВ выбор ТЗР следует производить по критериям согласия.

Выбор теоретического закона распределения по критериям согласия и вероятности совпадения опытных и теоретических данных

Если визуальный анализ сходимости информации не позволит выявить лучший закон распределения, то это осуществляется по критериям согласия и вероятности совпадения опытных и теоретических данных.

В теории вероятности применяют несколько критериев согласия (Колмогорова, Стьюдента и др.). Наиболее простым критерием проверки гипотезы о виде закона распределения является критерий, предложенный академиком А.Н. Колмогоровым:

$$\lambda = \left| \sum P_n(t) - F(t) \right|_{\max} \cdot \sqrt{N} = D_{\max} \cdot \sqrt{N}\,, \qquad (19)$$

где $\Sigma P_n(t)$ – значение накопленной опытной вероятности;

$F(t)$ – значение интегральной функции ТЗР;

$D_{\max}$ – максимальный модуль разности значений опытной накопленной вероятности и теоретической функции распределения (по всем интервалам выборки);

N – объем выборки.

По значению параметра λ по справочным таблицам (прил. табл. П.1.7) определяют вероятность соответствия $P(\lambda)$. При $P(\lambda)$ больше 0,2 считают, что принятый теоретический закон распределения согласуется с исходной информацией и может быть принят в качестве характеристики исследуемого явления.

Для оценки показателей надежности чаще используется критерий согласия Пирсона χ^2:

$$\chi^2 = \sum_{1}^{n_y} \frac{(m_i - m_{mi})^2}{m_{mi}} \qquad (20)$$

где n_y – количество укрупненных интервалов;

m_i – опытная частота в i-ом интервале;

m_{mi} – теоретическая частота в i-ом интервале.

Эта формула может быть использована при соблюдении следующих условий. Частота в каждом интервале $m_i \geq 5$. Если уточненный статистический ряд не удовлетворяет этому условию, то проводят его укрупнение, объединяя те интервалы, в которых $m_i < 5$. При этом количество укрупненных интервалов $n_y \geq 4$.

Теоретические частоты подсчитываются по формуле:

$$m_{mi} = N\,[F(t_{ni}) - F(t_{ni})] \quad \text{или} \quad m_{mi} = N \cdot f(t_i) \qquad (21)$$

где $F(t_{ni})$, $F(t_{ni})$ – соответственно значения интегральных функций в конце и начале i-го интервала.

$f(t_i)$ – значения дифференциальных функций.

По результатам укрупнения статистического ряда и расчета теоретических частот ТЗР необходимо заполнить таблицу 9:

Таблица 9

Расчет теоретических частот ТЗР

Интервал, тыс. мото-ч.	Опытная частота, m_i	Закон нормального распределения (ЗНР)		Закон распеределения Вейбулла (ЗРВ)	
		Дифференциальная функция	Теоретическая частота m_{ni}	Дифференциальная функция	Теоретическая частота m_{ni}
1,5-3,0					
3,0-3,5					
3,5-4,0					
4,0-4,5					
4,5-5,0					
5,0-6,0					

Тот закон распределения, у которого χ^2 окажется наименьшим, лучше описывает выравниваемую опытную информацию. Но прежде чем его в дальнейшем использовать, необходимо определить вероятность совпадения опытных и теоретических данных. Для этого рассчитывается число степеней свободы:

$$r = n_y - k \qquad (22)$$

где k – число обязательных связей.

Для ЗНР и ЗРВ число обязательных связей равно трем: две связи – два параметра распределения и третья связь ΣPi=1,0.

Вероятность совпадения определяется по таблице П.1.8 приложения. Критической вероятностью совпадения принято считать P=10 %. Если P<10 %, то выбранный для выравнивания теоретический закон распределения считается непригодным.

Задание 1

По исходным данным построить кривые дифференциальной $f(t)$ и интегральной $F(t)$ функций ЗНР и ЗРВ, нанеся их на полигон и кривую накопленных опытных вероятностей.

При построении графиков $f(t)$ точки наносят по серединам интервалов, а значения $F(t)$ – по концам соответствующих интервалов. Графики начинают с начала рассеивания C, точки соединяют прямыми линиями.

Задание 2

Провести визуальный анализ сходимости опытной и теоретической информации по полигону распределения и дифференциальным функциям рассматриваемых законов. Предпочтение отдается тому закону, точки которого ближе расположены к точкам опытной информации.

Задание 3

Произвести укрупнение статистического ряда информации и рассчитать значения теоретических частот ТЗР (табл. 9).

Задание 4

Рассчитать критерий согласия Пирсона χ^2, проанализировать результаты расчета и выбрать ТЗР лучше описывающий выравниваемую опытную информацию.

Исходные данные:

Сводная таблица теоретических распределений

Интервал, тыс. мото-ч	Дифференциальная функция		Интегральная функция	
	ЗНР	ЗРВ	ЗНР	ЗРВ
1,5-2,0	0,01	0,01	0,01	0,01
2,0-2,5	0,03	0,04	0,05	0,05
2,5-3,0	0,08	0,10	0,13	0,15
3,0-3,5	0,15	0,15	0,27	0,30
3,5-4,0	0,21	0,19	0,48	0,49
4,0-4,5	0,21	0,20	0,69	0,69
4,5-5,0	0,16	0,15	0,85	0,84
5,5-6,0	0,09	0,09	0,94	0,94
6,0-6,5	0,04	0,04	0,98	0,98

Контрольные вопросы

1. Какие существуют методы выбора теоретического закона распределения случайной величины?

2. В каком случае можно предположить, что распределение случайной величины подчинено закону распределения Вейбулла?

3. Какие существуют методы выбора теоретического закона распределения случайной величины?

4. В каком случае можно предположить, что распределение случайной величины подчинено закону распределения Вейбулла?

5. Для чего используют критерии согласия?

6. Какие критерии согласия вы знаете?

7. С какой целью производится укрупнение статистического ряда информации?
8. Как определяют теоретическую частоту?
9. Что такое число степеней свободы?
10. Как определяется вероятность совпадения опытных и теоретических данных?
11. В каком случае выбранный для выравнивания теоретический закон распределения считают непригодным?

Практическое занятие № 5
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНЫХ ГРАНИЦ РАССЕИВАНИЯ ОДИНОЧНОГО И СРЕДНЕГО ЗНАЧЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ НАДЕЖНОСТИ И ОШИБКИ ПЕРЕНОСА

Цель занятия: *освоить методику обработки информации по показателям надежности и основы расчета доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности при различных ТЗР.*

Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения

В результате испытания (наблюдения) группы машин и обработки собранной при этом информации определяют количественные характеристики показателей надежности (среднее значение $\bar{t}$, среднее квадратическое отклонение σ, коэффициент вариации V и др.).

В дальнейшем значения этих характеристик должны быть перенесены (запланированы) на другие группы машин, работающие в других условиях. Естественно, что изменение количества машин в группе и условий их эксплуатации вызовет изменение количественных характеристик показателя надежности. Хотя эти изменения носят случайный характер, они происходят в определенных границах или в определенном интервале, величина которого зависит от многих факторов, в том числе и от количества машин в группе. Определение границ рассеивания показателей надежности, а следовательно, и определение возможной ошибки их переноса из одних условий в другие является одной из основных задач теории надежности.

Если было проведено наблюдение за N машинами и на этой основе определено среднее значение показателя надежности $\bar{t}$, то одиночное значение этого же показателя надежности у конкретной машины может в крайних случаях отличаться от $\bar{t}$ на величину $\pm 3\sigma$ при законе нормального распределения и на величину от $0{,}1\alpha$ до $2{,}5\alpha$ при законе распределения Вейбулла (α - параметр распределения Вейбулла).

Площадь под дифференциальной кривой β, ограниченная осью абсцисс и границами t^{H}_{β} и t^{B}_{β} равна в долях единицы или в процентах количеству одиночных показателей надежности, числовые значения которых попадают в указанный интервал I_{β} (рис. 5)

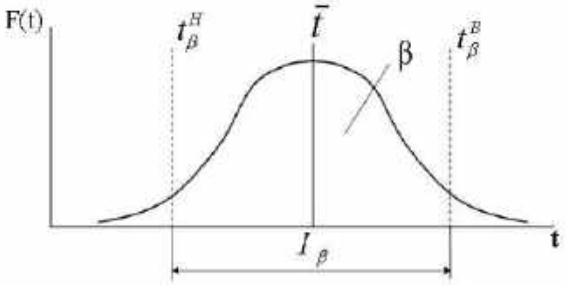


Рис. 5. Доверительные границы одиночного показателя надежности

Для нормального распределения площадь под дифференциальной кривой, или площадь охвата β, ограниченная протяженностью оси абсцисс $\pm 3\sigma$, составляет 0,997, или 99,7%. Следовательно, в 997 случаях из 1000 значение одиночного показателя надежности будет находиться в интервале значений от $\bar{t} + 3\sigma$ до $\bar{t} - 3\sigma$.

Такая высокая степень доверия расчета, охватывающего 99,7% всех возможных вариантов, является излишней при определении показателей надежности тракторов, сельскохозяйственных машин и их элементов.

Задаваясь заранее меньшими, чем 0,997 значениями площади охвата β, соответственно сближают границы рассеивания одиночного показателя надежности и тем самым уменьшают возможную погрешность расчета, хотя и за счет снижения степени доверия.

Площадь β, характеризует степень доверия расчета и гарантирует заданную вероятность попадания показателя надежности в соответствующий интервал его значений. Поэтому ее называют *доверительной вероятностью* β.

При расчете доверительных границ рассеивания показателей надежности рекомендуется применять следующие значения доверительных вероятностей β: 0,80; 0,90; 0,95; 0,99. В АПК обычно используют значения доверительных вероятностей 0,80 и 0,90.

Границы, в которых может колебаться значение показателя надежности при заданной доверительной вероятности β, называются нижней доверительной границей t^{H}_{β} и верхней доверительной границей t^{B}_{β}. Различают доверительные границы (ДГ) одиночного и среднего значения показателя надежности.

Определение доверительных границ и абсолютной ошибки переноса при ЗНР

Для определения доверительных границ рассеивания одиночного показателя надежности при законе нормального распределения (ЗНР) определяют абсолютную ошибку переноса (рис. 6) по формуле:

$$e_{\beta} = t_{\beta} \cdot \sigma \tag{23}$$

где t_{β} – коэффициент Стьюдента (табл. П.1.9 прил.).

Нижняя доверительная граница:

$$t^{H}_{\beta} = \bar{t} - t_{\beta} \cdot \sigma \tag{24}$$

Верхняя доверительная граница:

$$t^{B}_{\beta} = \bar{t} + t_{\beta} \cdot \sigma \tag{25}$$

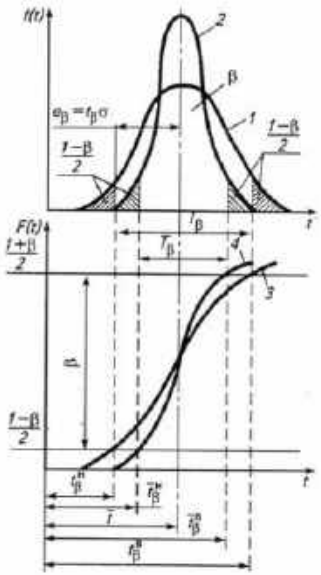


Рис. 6. Схема определения доверительных границ:
1 и 2, 3 и 4 – соответственно дифференциальная интегральная функции одиночного и среднего значения

Доверительный интервал:

$$I_\beta = t_\beta^B - t_\beta^H \tag{26}$$

Расчетная схема и физический смысл доверительных границ среднего значения показателя надежности те же, что и для одиночного показателя. Разница заключается в значении среднего квадратического отклонения.

Среднее квадратическое отклонение рассеивания среднего значения показателя надежности:

$$\sigma_{\bar{t}} = \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \tag{27}$$

Нижняя доверительная граница среднего значения:

$$\bar{t}_{\beta}^{H} = \bar{t} - t_{\beta} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \qquad (28)$$

Верхняя доверительная граница среднего значения:

$$\bar{t}_{\beta}^{B} = \bar{t} + t_{\beta} \cdot \frac{\sigma}{\sqrt{N}} \qquad (29)$$

Доверительный интервал среднего значения:

$$\bar{I}_{\beta} = \bar{t}_{\beta}^{B} - \bar{t}_{\beta}^{H} \qquad (30)$$

Доверительные границы при ЗНР симметричны относительно среднего значения показателя надежности (рис. 6).

Определение доверительных границ при ЗРВ

Доверительные границы при законе распределения Вейбулла не симметричны относительно среднего значения показателя надежности.

Нижнюю доверительную границу рассеивания одиночного значения показателя надежности определяют по формуле:

$$t_{\beta}^{H} = H_{\kappa}^{B}\left(\frac{1-\beta}{2}\right)a + C \qquad (31)$$

где H_{κ}^{B} - квантиль ЗРВ (табл. П.1.10 прил.);

a – параметр распределения Вейбулла;

C – смещение начала рассеивания.

Верхняя доверительная граница одиночного значения:

$$t_{\beta}^{B} = H_{\kappa}^{B}\left(\frac{1+\beta}{2}\right)a + C \ , \qquad (32)$$

Доверительный интервал рассчитывается по формуле 26.

Доверительные границы рассеивания среднего значения показателя надежности при ЗРВ определяют по уравнениям:

$$\bar{t}_{\beta}^{\,н} = (\bar{t} - c) \cdot \sqrt[b]{r_3} + c, \tag{33}$$

$$\bar{t}_{\beta}^{\,в} = (\bar{t} - c) \cdot \sqrt[b]{r_1} + c, \tag{34}$$

где b – параметр распределения Вейбулла;

r_1 и r_3 – коэффициенты распределения Вейбулла (табл. П.1.9 прил.).

Доверительные границы наносят на дифференциальную кривую ТЗР.

Определение относительной ошибки переноса характеристик показателя надежности

Относительную ошибку переноса определяют при односторонней доверительной вероятности β_0 по формуле:

$$\delta_{\beta} = \frac{\left| \bar{t}_{\beta}^{\,во,но} - \bar{t} \right|}{\bar{t} - C} \cdot 100, \% \tag{35}$$

Следует отметить, что относительная ошибка переноса не должна превышать 20%.

Возможен расчет относительной ошибки при двусторонней доверительной вероятности, при этом, как правило, используют значение верхней доверительной границы.

$$\delta_{\beta} = \frac{\left| \bar{t}_{\beta}^{\,в} - \bar{t} \right|}{\bar{t} - C} \cdot 100 \tag{36}$$

Верхняя граница при ЗРВ из-за асимметрии дальше удалена от среднего значения показателя надежности, чем нижняя.

Задание 1

Используя полученные результаты практического занятия №3 и №4 определить доверительные границы рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности.

Контрольные вопросы

1. С какой целью, и каким образом устанавливают доверительные границы рассеивания одиночного и среднего показателя надежности?
2. Что характеризует доверительная вероятность?
3. Как определяют относительную ошибку переноса?

Практическое занятие № 6
МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ ПРИ МАЛЫХ ВЫБОРКАХ

Цель занятия: *изучение методики и получение практических навыков обработки информации при незначительном количестве информации аналитическим и графическим методами.*

Методика обработки информации аналитическим методом

При незначительном количестве информации (N<25) применяют упрощенный порядок расчета без построения статистического ряда. Определяют величину смещения:

$$C = t_1 - \Delta \tag{37}$$

где Δ – среднее значение разностей первых трех - четырех значений показателей надежности.

$$\Delta = \frac{(t_2 - t_1) + (t_3 - t_2)}{2} \tag{38}$$

где t_1, t_2, t_3 – значения показателя надежности в порядка возрастания.

Определяют среднее значение показателя надежности:

$$\bar{t} = \frac{1}{N}\sum_{1}^{N} t_i \tag{39}$$

где t_i – значение i-го показателя надежности.

Определяют среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{1}^{N}\left(t_i - \bar{t}\right)}{N-1}} \qquad (40)$$

Затем проверяют информацию на выпавшие точки (при необходимости уточняют величину смещения C, средний ресурс $\bar{t}$, среднеквадратическое отклонение σ), определяют коэффициент вариации V и ТЗР. Накладывают доверительные границы и определяют ошибку переноса по методике аналогичной рассмотренной в предыдущих практических занятиях.

При необходимости расчета функций теоретического распределения информацию разбивают на интервалы пользуясь формулой:

$$A = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{n}, \qquad (41)$$

где t_{max}, t_{min} – наибольшее и наименьшее значения показателя надежности.

Количество интервалов принимают обычно n = 7...12.

Следует отметить, что относительная ошибка переноса не должна превышать 20%.

Методика графической обработки усеченной информации по показателям надежности и пример ее практического применения

Одним из недостатков аналитических методов обработки информации – это значительная трудоемкость. Кроме того, графическими методами можно обрабатывать все виды информации: полную, усеченную, многократно усеченную. Кривая интегральной функции отказности носит криволинейный характер. По внешнему виду этой кривой трудно судить, какому закону распределения подчиняется рассеивание показателя надежности, и невозможно определить параметры распределения. Для обработки информации графическими методами на оси абсцисс и ординат необходимо

нанести такую разметку, при которой интегральная кривая отказности приняла бы вид прямой линии (интегральная прямая). Для выпрямления интегральной кривой используют 2 метода.

При первом методе значения функции по оси ординат, например, 0,00; 0,05; 0,10 и т. д. наносят не на равных интервалах одно от другого, а пропорционально указанным квантилям, т.е. используется вероятностная сетка. Данный метод используется для закона нормального распределения.

При втором методе для выпрямления кривой интегральной функции распределения применяют полулогарифмическую сетку координат.

Пример расчета

Необходимо определить средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля, если во время испытаний до установленной наработки 240 тыс. км. пробега, для каждого автомобиля, из общего количества N=69 отказали No=36 автомобилей.

Порядок расчета

1. Составляем сводную таблицу ресурсов t_i отказавших автомобилей в порядке их возрастания (табл. 10).

Таблица 10

Информация о доремонтных ресурсах автомобилей, тыс. км пробега

Номер отказавшего автомобиля	t_i, тыс. км пробега
1	170
2	173
…	…
36	232

2. Выбираем из сводной таблицы информации шесть равномерно расположенных точек (номеров отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30, 36.

3. Определяем координаты выбранных точек x_i, приняв масштаб M_x=1 мм/тыс. км. Координаты точки по оси абсцисс, мм, определяют по уравнению:

$$x_i = M_x \cdot t_i \qquad (42)$$

где M_x – масштаб оси абсцисс;

t_i –значение i-го показателя надежности.

Например, координата для шестого отказавшего автомобиля x_6 =1 мм/тыс. км ·232 тыс. км = 232 мм

4. Определяем накопленные опытные вероятности выбранных автомобилей по формуле:

$$\sum_{1}^{i} P_i = \frac{N_i^0}{N+1} \tag{43}$$

где N_i^0 – порядковый номер i-ой точки в таблице исходной информации;

N – общее число точек информации.

Например, накопленная опытная информация 6 автомобиля равна:

$$\sum_{1}^{6} P_6 = \frac{6}{69+1} = 0{,}09$$

5. Находим координату выбранной точки y_i по уравнению:

$$y_i = 50 \cdot \left[2{,}33 \pm H_k \left(\sum_{1}^{i} P_i \right) \right] \tag{44}$$

где 50 – масштаб построения оси ординат, мм/квантиль;

H_k – значение квантиля нормального распределения для $\sum_{1}^{i} P_i$.

При $\sum_{1}^{i} P_i < 0{,}5$ принимают знак «-», а при $\sum_{1}^{i} P_i > 0{,}5$ - знак «+». Например, координата 6 автомобиля:

$$y_i = 50 \cdot \left[2{,}33 \pm H_k(0{,}09) \right] = 50\left[2{,}33 - 1{,}34 \right] = 49{,}3 мм$$

Выполненные расчеты сводят в таблицу 11.

Таблица 11

Координаты опытных точек при законе нормального распределения

Порядковый номер отказавшего автомобиля N_i^0	t_i, тыс. км	Координата x_t, мм	$\sum_1^i P_i$	Координата y_t, мм
6	190	190	0,09	49,3
12	200	200	0,17	68,6
18	210	210	0,26	84,1
24	217	217	0,34	95,1
30	225	225	0,43	107,5
36	232	232	0,52	118,8

6. Нанесем опытные точки на график с прямоугольными координатами и проведем по ним интегральную прямую так, чтобы с каждой ее стороны располагалось одинаковое количество точек, а их расстояние от прямой были бы примерно одинаковы (рис. 7 и 8).

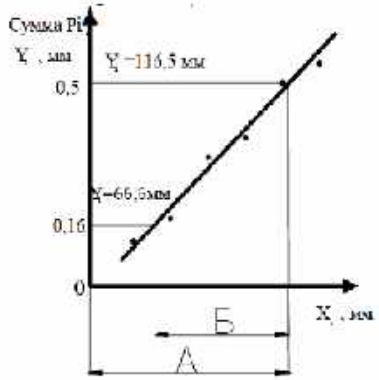


Рис. 7. Схема графической обработки информации при нормальном законе распределения

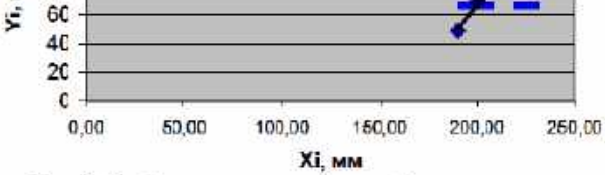


Рис. 8. График интегральной прямой распределения, построенный по данным таблицы 11 (пунктирные линии соответствуют накопленной опытной вероятности ΣP_i равной 0,5 и 0,16)

7. Определим средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение.

Для этого через точку на оси ординат с $\Sigma P_i = 0{,}5$ (находится на расстоянии 116,5 мм от начала координат) проводят горизонтальную линию до пересечения с интегральной прямой. Из точки пересечения на ось абсцисс опускаю перпендикуляр. Отрезок А на оси абсцисс соответствует в заданном масштабе среднему значению показателя надежности (рис. 7). Величина среднего значения показателя надежности определяется:

$$t_{CP} = \frac{A}{M_x} \tag{45}$$

где A – длина отрезка в мм;
M_x – масштаб графика по оси абсцисс, мм/тыс. км.

Среднее квадратическое отклонение σ определяют графическим методом на основании уравнения:

$$\sigma = \frac{(t_{CP} - t_i)}{H_k(F_i)} \tag{46}$$

где F_i – значение интегральной функции нормального закона распределения в точке t_i.

При $H_k(F_i) = 1{,}0$ $\sigma = t_{CP} - t_i$. Значение квантиля $Hk(F_i) = 1{,}0$ при $F_i = 0{,}16$ или $F_i = 0{,}84$. Следовательно, значение σ равно длине отрезка Б (разности абсциссы А и абсциссы точки пересечения горизонтали $\Sigma P_i = 0{,}16$, проведенной на расстоянии 66,6 мм от начала координат) (рис. 7). Тогда среднее квадратическое отклонение определяется:

$$\sigma = \frac{Б}{M_x} \tag{47}$$

где $Б$ – длина отрезка Б, мм (рис. 7);
M_x – масштаб по оси X.

Для примера получаем А = 230 мм, Б = 30 мм. Тогда среднее значение доремонтного ресурса автомобиля:

$$t_{CP} = 230 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс.км} = 230 \text{ тыс.км}$$

Среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля:

$$\sigma = 30 \text{ мм}/1\text{мм}/\text{тыс.км} = 30 \text{ тыс.км}.$$

Задание 1

Необходимо определить средний доремонтный ресурс и среднее квадратическое отклонение ресурса автомобиля, если во время испытаний до установленной наработки 240 тыс. км. пробега, для каждого автомобиля, из общего количества N=69 отказали No=36 автомобилей (см. исходные данные).

Для упрощения расчетов в исходных данных указана информация о шести равномерно расположенных точках испытаний (номерах отказавших автомобилей): 6, 12, 18, 24, 30 и 36, поэтому расчеты выполняются, начиная с п. 3 приведенной выше методики.

Построить график интегральной прямой в заданном масштабе, и по нему определить средний доремонтный ресурс автомобиля и среднее квадратическое отклонение.

Исходные данные:

Ресурс автомобиля, тыс. км. пробега

Вар. №	Порядковый номер отказавшего автомобиля						Предельная наработка, тыс.км	Автомобиль
	6	12	18	24	30	36		
1	216,3	223	229,8	236,5	243,3	250	255	КамАЗ-5320
2	152,5	158	163,5	169	174,5	180	185	ЗИЛ-130
3	118,8	127	135,3	143,5	151,8	160	165	ГАЗ-3309

Контрольные вопросы

1. Назовите достоинства графических методов обработки информации о показателях надежности.

2. Как необходимо преобразовать интегральную кривую отказности при использовании графических методов обработки информации о показателях надежности?

3. Какие методы используются для графической обработки информации о показателях надежности, для каких законов распределения они применяются?

Практическое занятие № 7
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА

Цель занятия: *освоить методику расчёта остаточного ресурса отдельных деталей и их сопряжений после определённой наработки машины.*

Общие сведения

Техническое состояние работающих деталей, механизмов, систем и агрегатов сельскохозяйственных машин в процессе эксплуатации непрерывно изменяется. Степень изменения оценивается по величине параметра состояния (ПС), который характеризует в любой момент времени запас работоспособности объекта.

Различают структурные и диагностические параметры. Параметры, непосредственно характеризующие работоспособность элемента (износ, размер детали, зазор в соединениях, мощность, производительность и др.), называются структурными. Параметры, характеризующие работоспособность элемента косвенно (температура, шум, вибрация, расход топлива и гидравлического масла, прорыв газов в картер двигателя и др.), называются диагностическими.

В начальный период эксплуатации машины параметры технического состояния элементов имеют исходные *номинальные* значения. С ростом наработки изменение параметра состояния приводит (в определенный момент времени) к утрате работоспособности элемента, когда он либо вообще не может выполнять свои функции (разрушение детали, ударные нагрузки, стуки в соединениях и др.), либо не может выполнять их с характеристиками, установленными в технической документации (предельное снижение производительности насоса, экономичных и мощностных показателей машины и др.).

Закономерность изменения параметра состояния от номинального до предельного значения выражается степенной функцией:

$$U(t) = U_c \cdot t^{\alpha}, \qquad (48)$$

где $U(t)$ – изменение параметра к моменту t;

U_c – случайная величина, характеризующая скорость изменения параметра;

t – наработка;

α – показатель степени, определяющий характер зависимости изменения параметра от наработки.

Значение показателя степени определяет характер зависимости следующим образом (рис. 9):

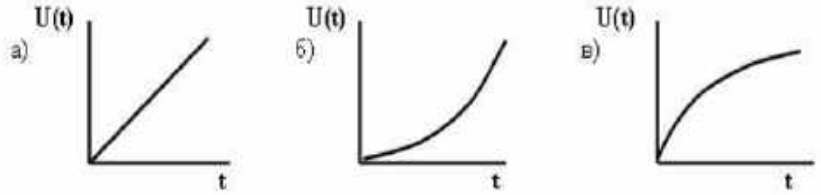


Рис. 9. Изменение параметра состояния *V(t)*
от наработки t при различных значениях α
а) $\alpha = 1$; б) $\alpha > 1$; в) $\alpha < 1$

Ориентировочные значения показателя α для некоторых сопряжений, механизмов и агрегатов приведены в таблице 12.

Таблица 12

Показатели степени α функции изменения параметра состояния

Наименование параметра состояния (ПС)	Показатель (α)
Изменение мощности двигателя	0,8
Расход топлива	0,9
Неравномерность топливоподачи	1,0
Угар масла	1,8
Износ плунжерных пар	1,1
Расход картерных газов	1,3
Износ сопряжения гильза — поршень	1,3
Износ шатунных и коренных подшипников ДВС	1,1
Утопание клапанов	1,6
Зазоры в КШМ	1,1...1,6
Радиальный зазор в подшипниках качения и скольжения	1,5
Износ посадочных мест подшипников корпусных деталей	1,0
Износ зубьев шестерен по толщине	1,5
Износ валиков, пальцев и осей	1,4
Износ шлицевых соединений	1,1
Износ тормозных накладок и барабанов, дисков муфт сцепления	1,0
Удлинение шага гусеничной и втулочно - роликовой цепи	1,0
Износ катков ходовой системы гусеничных машин	1,0

Значение параметра состояния, при котором происходит отказ объекта, называют *предельным.*

Остаточный ресурс изделия – это его наработка от момента контроля параметра технического состояния до его *предельного* значения.

Для определения остаточного ресурса необходимо собрать исходные данные, приведенные в таблице 13.

Таблица 13

Исходные данные к определению остаточного ресурса

№ п/п	Наименование исходных данных	Обозначение	Откуда берутся данные
1	Наработка от начала эксплуатации, когда параметр имел номинальное значение	t	Показание счетчика моточасов (из технической документации)
2	Номинальное значение параметра состояния	$П_н$	Указано в технологических картах (технических требованиях на ремонт)
3	Значение параметра состояния в момент контроля	$П_{изм}$	Показания диагностических приборов, средств измерений
4	Предельное значение параметра	$П_{пред}$	Указано в технологических картах (технических требованиях на ремонт)
5	Показатель степени функции изменения параметра	α	Таблица 12

Рассмотрим методику для определения допустимых и предельных износов, по которым устанавливается возможность дальнейшей работы деталей при текущем и капитальном ремонтах, а также при определении возможности дальнейшей работы деталей при устранении эксплуатационных отказов. При этом принято допущение, что в период нормальной работы зависимость величины износа от наработки носит линейный характер, т.е. показатель степени функции изменения параметра состояния $\alpha = 1$.

На рисунке 10 представлена кривая характеризующая динамику нарастания износа за период эксплуатации объекта.

В точке «*b*» при наработке $T_{изм}$ произошёл отказ узла по причине поломки или износа отдельных деталей. Требуется определить, можно ли оставить в работе отдельные детали, и какой остаточный ресурс будут они иметь?

При прогнозировании остаточного ресурса необходимо учесть период приработки деталей, т.е. перенести оси координат в точку O_1.

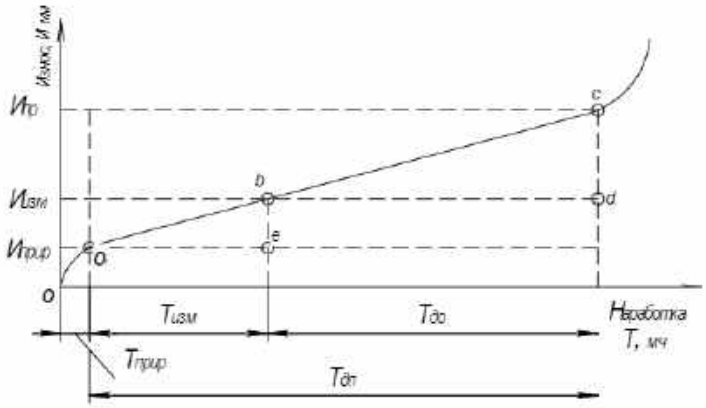


Рис. 10. Кривая характеризующая динамику нарастания износа: OO_1 – период приработки; O_1b – период работы до возникновения отказа (измерение значения показателя); bc – период возможной дальнейшей работы не отказавших деталей; $T_{прир}$ – продолжительность приработки; $T_{изм}$ – наработка до возникновения отказа (до момента измерения показателя); $T_{до}$ – средний остаточный ресурс детали; $T_{дп}$ – полный ресурс детали; $И_{прир}$ – износ детали по завершении приработки; $И_{изм}$ – износ детали на момент возникновения отказа (момент измерения показателя); $И_{пр}$ – предельное значение износа детали

Трудно абсолютно точно определить износ детали за период приработки. Величина износа зависит от многих переменных факторов (шероховатости, вида и режимов обработки, твёрдости трущихся поверхностей, величины начального зазора в сопряжении, режимов приработки и т.д.). Как показывают исследования, величина износа за период приработки может быть значительной и ее необходимо учитывать, вводя компенсацию за счёт допуска на изготовление детали. Компенсацию вводят следующим образом: для деталей типа «вал» за начальный размер принимают размер по нижней границе поля допуска на изготовление, для деталей типа «отверстие» - по верхней границе.

Пример

Укажите начальные размеры деталей с учетом приработки, если их номинальные размеры по техническим условиям следующие: вал диаметром – $45^{+0,2}_{-0,1}$ мм.; диаметр отверстия – $18^{+0,2}_{-0,3}$ мм.

Решение

Для вала за начальный размер можно принять

$d_{нач} = 45 - 0,1 = 44,9$ мм.

Для отверстия: $D_{нач} = 18 + 0,2 = 18,2$ мм.

Для вала в точке «*b*» износ будет:

$$И_{изм} = d_{min} - d_{изм}, \tag{49}$$

где d_{min} – наименьший диаметр вала по техническим условиям ($d_{наим}$);

$d_{изм}$ – фактическое значение диаметра изношенного вала.

Для отверстия:

$$И_{изм} = D_{изм} - D_{max}, \tag{50}$$

где $D_{изм}$ – фактическое значение диаметра изношенного отверстия;

D_{max} – наибольший диаметр отверстия по техническим условиям ($D_{наиб}$).

Время приработки $T_{прир}$ составляет незначительную часть полного ресурса детали $T_{дет}$ (менее 5%) и им можно пренебречь.

Таким образом, возможен перенос осей координат из точки O в точке O_1.

Тогда, из рисунка 10 следует, что $\Delta O_1be \sim \Delta bcd$, откуда:

$$\frac{cd}{be} = \frac{bd}{O_1 e}, \tag{51}$$

или

$$\frac{И_{пр} - И_{изм}}{И_{изм}} = \frac{T_{до}}{T_{изм}}, \tag{52}$$

тогда

$$T_{до} = \frac{И_{пр} - И_{изм}}{И_{изм}} \cdot T_{изм} \tag{53}$$

или

$$T_{до} = \frac{И_{пр} - И_{изм}}{W_g} \tag{54}$$

где $W_g = И_{изм} / T_{изм}$ – средняя интенсивность изнашивания детали.

Наложение доверительных границ с использованием вероятностных методов

Так как при эксплуатации машины интенсивность изнашивания её деталей и сопряжений зависит от многих факторов: твёрдости и шероховатости поверхностей трения, класса точности, величины начального зазора, режимов работы машины (температура, нагрузка, число и длительность пусковых периодов), почвенно-климатических условий работы, качества эксплуатации, технического обслуживания, то она является величиной случайной. Поэтому при расчёте ресурсов к измеренной величине износа и рассчитанной средней интенсивности изнашивания следует применять вероятностные методы обработки с определением среднего значения, характеристик рассеивания и доверительных границ прогнозируемого ресурса.

Как показывают износные испытания, рассеивание ресурсов деталей и сопряжений тракторов и сельскохозяйственных машин подчинено закону распределения Вейбулла (ЗРВ) с коэффициентом вариации $V = 0{,}33...0{,}40$.

При прогнозировании остаточного ресурса отдельной детали без информации по испытанию N таких деталей, доверительные границы определяется с помощью квантилей $H_к^в$.

Нижняя доверительная граница:

$$T_{до}^{н} = H_к^{\sigma}\left(\frac{1-\beta}{2}\right)\cdot\alpha + C \qquad (55)$$

Верхняя доверительная граница:

$$T_{до}^{в} = H_к^{\sigma}\left(\frac{1+\beta}{2}\right)\cdot\alpha + C \qquad (56)$$

где β – доверительная вероятность;

α – параметр распределения Вейбулла;

C – смещение начала рассеивания остаточного ресурса.

На основании статистики установлено, что

$$C \approx 0{,}3\cdot T_{до} \qquad (57)$$

Задавшись средним значением коэффициента вариации $V_{ср} = 0{,}36$ примем значения параметров распределения Вейбула (справочные данные): $в = 3{,}02$, $C_в = 0{,}323$

Рассчитаем параметр α:

$$\alpha = \frac{\sigma}{C_в} \tag{58}$$

где σ – среднее квадратическое отклонение и находится из выражения:

$$V = \frac{\sigma}{\mathrm{T_{до}} - \mathrm{C}} \tag{59}$$

откуда

$$\sigma = V \cdot \left(\mathrm{T_{до}} - \mathrm{C}\right) \tag{60}$$

Подставив в формулу 60 значения $V_{ср} = 0{,}36$ и $C = 0{,}3 \cdot T_{до}$, получим:

$$\sigma = 0{,}25 \cdot \mathrm{T_{до}} \tag{61}$$

Тогда из выражения 58 получим:

$$\alpha = 0{,}8 \cdot \mathrm{T_{до}} \tag{62}$$

Задавшись доверительной вероятностью $\beta = 0{,}8$, определим значения квантилей для нижней и верхней доверительных границах:

$$H_н^н = \left(\frac{1 - 0{,}8}{2}\right) = 0{,}47$$

$$\mathrm{H_к^в} = \left(\frac{1 + 0{,}8}{2}\right) = 1{,}32$$

Подставив найденные значения в формулы 55 и 56, получим:

$$T_{до}^{н} = 0{,}7 \cdot T_{до} \tag{63}$$

$$T_{до}^{в} = 1{,}36 \cdot T_{до} \tag{64}$$

Определение остаточного ресурса сопряжения

На рисунке 11 представлены кривые, характеризующие динамику нарастания износа сопряжения за период эксплуатации объекта.

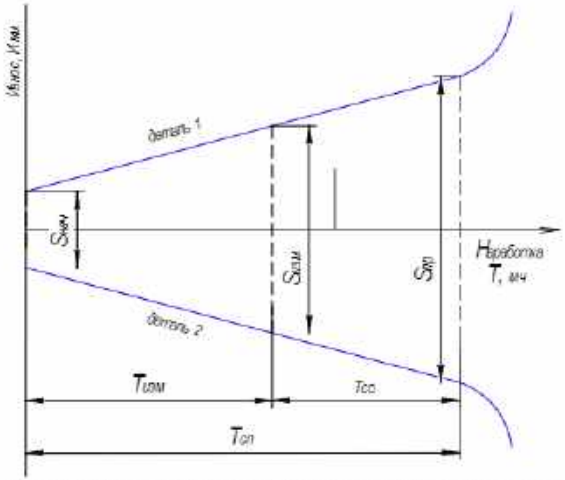


Рис. 11. Схема к расчету остаточного ресурса сопряжения:
$S_{нач}$ – начальный зазор в сопряжении; $S_{изм}$ – зазор в сопряжении на момент измерения; $S_{пр}$ – предельный зазор; $T_{изм}$ – наработка на момент измерения; $T_{со}$ – средний остаточный ресурс сопряжения; $T_{сп}$ – полный ресурс сопряжения

Для сопряжения величина остаточного ресурса согласно рисунку 11 определится из соотношения

$$\frac{S_{пр}-S_{изм}}{S_{изм}-S_{нач}}=\frac{T_{со}}{T_{изм}} \tag{65}$$

Тогда

$$T_{со}=\frac{S_{пр}-S_{изм}}{S_{изм}-S_{нач}}\cdot T_{изм} \tag{66}$$

или

$$T_{со}=\frac{S_{пр}-S_{изм}}{W_c} \tag{67}$$

где W_c – средняя интенсивность изнашивания сопряжения.

$$W_c=\frac{S_{изм}-S_{нач}}{T_{изм}} \tag{68}$$

Зазор предельный $S_{пр}$ принимается из технических условий на дефектацию;

Зазор измеренный $S_{изм}$ определяется по формуле:

$$S_{изм} = D_{изм} - d_{изм} \quad (69)$$

где $D_{изм}$ – диаметр отверстия на момент измерения;

$d_{изм}$ – диаметр вала на момент измерения.

Начальный зазор $S_{нач}$ определяется по формуле:

$$S_{нач} = D_{max} - d_{min} \quad (70)$$

где D_{max} – наибольший диаметр отверстия по техническим условиям;

d_{min} – наименьший диаметр вала по техническим условиям.

Доверительные границы остаточного ресурса сопряжения (при доверительной вероятности $\beta = 0{,}8$) будут равны:

$$T_{co}^{н} = 0{,}7 \cdot T_{co} \quad (71)$$

$$T_{co}^{в} = 1{,}36 \cdot T_{co} \quad (72)$$

Определив величину остаточного ресурса и его доверительные границы, решают вопрос оставить деталь для дальнейшей работы или заменить новой. При этом следует иметь ввиду, что необходимо как можно полное использование ресурса, в тоже время машина не должна иметь отказов при выполнении ответственных и ограниченных во времени сельскохозяйственных работ.

Задание 1

Трактор наработал 2200 м.ч. ($T_{изм}$), при этом толщина зуба шестерни коробки передач составила 3,76 мм ($h_{изм}$). Требуется определить остаточный ресурс шестерни и его доверительные границы при $\beta = 0{,}80$, если по техническим условиям начальная толщина зуба $h_{нач} = 9{,}35^{-0{,}110}_{-0{,}158}$ мм., а предельная $h_{пр}$= 8,34 мм.

Задание 2

Микрометражом, проведённым через 1800 м.ч. работы двигателя, определены размеры втулки верхней головки шатуна $D_{изм}$ = 42,12 мм и поршневого пальца $d_{изм}$ = 41,95 мм. Требуется определить остаточный ресурс сопряжения и его доверительные границы при β = 0,80, если из технических условий известно:

Сопрягаемые детали	Размеры деталей, мм		Зазоры в сопряжении, мм		
	Начальный диаметр	Допустимый диаметр	Начальный $S_{нач}$	Допустимый $S_{доп}$	Предельный $S_{пр}$
Втулка	$42^{+0.038}_{+0.023}$	42,09	0,022…0,047	0,10	0,25
Палец поршневой	$42^{+0.001}_{-0.009}$	41,94			

Контрольные вопросы

1. *Какие исходные данные необходимы для прогнозирования остаточного ресурса? Откуда их получают?*
2. *Как учитывают износ приработки?*
3. *Как, используя кривую нарастания износа, получить формулу для расчета остаточного ресурса?*
4. *Какие допущения принимают при наложении доверительных границ?*

Практическое занятие № 8
КОРРОЗИЯ

Цель занятия: *изучить причины и виды коррозии. Закрепить знания о механизме и способах защиты металлов от коррозии. Получить практические навыки по проведению ускоренных испытаний различных защитных покрытий.*

Причины и виды коррозии металлов. Необходимость защиты от коррозии

Переход металлов из свободного состояния в химически связанное в результате химического или электрохимического взаимодействия с внешней средой, сопровождающееся утратой присущих им свойств, называется коррозией. Слово «коррозия» происходит от латинского «corrosio», что означает «разъедание».

Первопричиной коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов в различных средах, вследствие чего в природе они всегда находятся в химически связанном состоянии. Руды представляют собой естественное (созданное природой) соединение металлов с неметаллами. Задача металлургов, затрачивая определенную энергию, восстановить металлы из различных природных соединений. Металл, вышедший из металлургической печи, обладает избытком свободной энергии. Энергия (изобарно-термический потенциал) исходного металла больше (для всех металлов кроме благородных), чем энергия продуктов реакции при коррозии. Поэтому коррозия – это необходимый по химическим законам переход металла в естественное для земных условий химическое соединение, который будет протекать самопроизвольно, т.к. связан с уменьшением (рассеиванием, выделением) избыточной энергии. Так, изменение энергии при превращении магния, меди и золота их в гидрооксиды составит соответственно -598, -120 и +66 кДж/моль. Следовательно магний более склонен к окислению, чем медь, а самопроизвольное, без затрат энергии, окисление золота невозможно.

Коррозия это гетерогенный процесс, т.е. процесс, протекающий на границе раздела фаз: металл - газ или металл - жидкость. Скорость коррозии определяется многими факторами: состояние поверхности металла и особенностями его структуры, температурой, составом и скоростью движения коррозионной среды, механическими напряжениями материала и т.п. В целом, скорость коррозии зависит от протекания следующих основных стадий:

1. Скорость поступления к поверхности металла путем конвекции или диффузии коррозионно-активных частиц (ионов, молекул).

2. Скорость протекания реакции, которая, как правило, возрастает с увеличением температуры и концентрации активных частиц.

3. Скорость удаления продуктов коррозии, которые в большинстве случаев препятствуют поступлению активных частиц к поверхности.

По механизму протекания процесса различают два основных типа коррозии: химическую и электрохимическую (рис. 12).

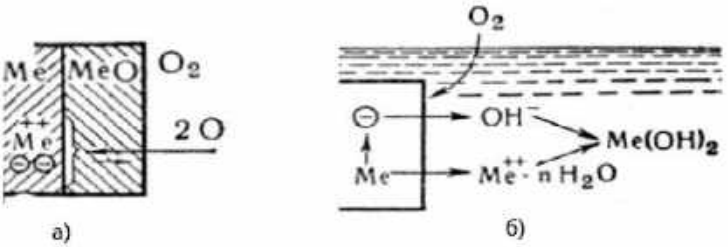


Рис. 12. Окисление металла:
а) при химической; б) при электрохимической

При *химической* коррозии окружающая металл среда обычно не проводит электрического тока, а на поверхности металла не возникает электродный потенциал. Применительно к деталям сельскохозяйственных машин химическая коррозия проявляется в виде газовой коррозии. Она имеет место при контакте металлов с кислородом, сернистым газом, сероводородом, углекислотой и другими газами, главным образом при повышенных температурах. Большие потери от газовой коррозии (угар металла) несет металлургическая промышленность.

Газовая коррозия протекает не только на поверхности металла, но существует и объёмная газовая коррозия. Ярким свидетельством наличия объёмной газовой коррозии деталей машин является тот факт, что деталь из стали или чугуна, длительное время не бывшая в употреблении, мгновенно разрушается при приложении нагрузки. Следовательно, коррозия подавляющего большинства металлов и сплавов начинается не только с поверхности, но и из объёма детали, переводя металл в химические соединения, из которых был получен металл или сплав. Чтобы избежать объёмной газовой коррозии металлов, нужно получать их в условиях глубокого вакуума.

Электрохимическая коррозия протекает в средах, проводящих электрический ток (раствор электролита, влага на поверхности деталей). Большинство коррозионных процессов носит электрохимический характер. Этот вид коррозии обусловлен двумя протекающими раздельно процессами – анодными и катодными. Первый связан с окислением атомов металла и превращением их в положительно заряженные ионы, которые переходят в раствор, второй – с восстановлением окислителя, растворённого в воде.

Возможность раздельного протекания анодного и катодного процессов обуславливается несколькими причинами, в том числе электрохимической неоднородностью поверхности металлов, контактом металлов с раствором электролита, присутствием в растворе электролита достаточно активного окислителя.

Скорость протекания электрохимической коррозии и коррозионная активность металла зависят от свойств электролита и величины *электродного потенциала*. На практике определяют относительный электродный потенциал для 2-х электродов (электрод из рассматриваемого материала и стандартный электрод сравнения) погруженных в какой-либо электролит. В таблице 14 приведены значения стандартных электродных потенциалов для некоторых металлов.

Таблица 14

Стандартные электродные потенциалы металлов (V_c^o) при 25 °С в вольтах

Металл	V_c^o, в	Металл	V_c^o, в
Na	-2,714	*Sn*	-0,136
Mg	-2,37	*Pb*	-0,126
Zn	-0,762	*H*	0,000
Fe	-0,44	*Cu*	+0,337
Ni	-0,25	*Au*	+1,68

Значения стандартных электродных потенциалов отнесены к принятому за условный, электродному потенциалу водорода, значение которого равно 0 (см. табл. 14).

Как правило, более электоотритцательные металлы более активны. Так цинк (-0,762) более подвержен коррозии, чем железо (-0,44). Никель (-0,25) и олово (-0,136) наоборот, являются для железа электроположительными металлами, более стойкими к коррозии. Металлы с положительным значением электродного потенциала (полублагородные и благородные) обладают высокой термодинамической стабильностью, устойчивы к коррозии в большинстве сред, вступают в химические реакции только при определенных условиях.

Следует отметить, что среда и температура могут существенно влиять на изменение электродного потенциала. Так, в паре *Sn-Fe*, в условиях атмосферной коррозии, *Sn* – анод (более электроположительный, чем железо). В среде органических кислот без доступа кислорода *Sn* – катод (становится электроотрицательным по отношению к железу) и разрушается прежде *Fe*, защищая железо электрохимически. Поэтому значение электродного потенциала

используют лишь для приближенной оценки стойкости металла к коррозии.

Основные виды коррозии металлов

Коррозия различается по характеру вызываемых ею разрушений. Она может быть сплошной, охватывающей всю поверхность металла, и местной или локальной, возникающей на отдельных участках поверхности.

Сплошная коррозия (рис. 13 а-в) может быть равномерной, протекающей примерно с одинаковой скоростью по всей поверхности металла; неравномерной, имеющей неодинаковую скорость на различных участках поверхности; избирательной, разрушающей преимущественно один из компонентов сплава.

Местная коррозия (рис. 13 г-и) может быть: пятнами, язвами, точечной, подповерхностной, межкристаллитной, коррозионным растрескиванием. Данные виды коррозии представляют наибольшую опасность, так как коррозионный процесс идёт на весьма малой площади, появление разрушений бывает внезапным, их невозможно своевременно распознать, что приводит к неожиданным и быстрым разрушениям конструкций.

Исключительно опасным видом химического разрушения металлов является питтинговая коррозия. Pitted – английское слово, означает рябой, в оспинах. Она происходит в результате местного активировавши коррозии в отдельных центрах и проявляется в виде малых глубоких поражений.

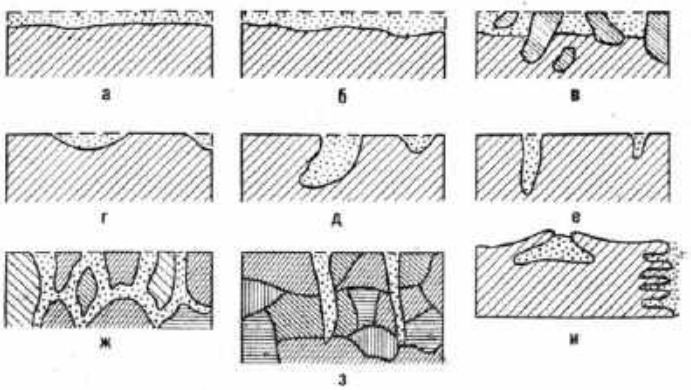


Рис. 13. Виды коррозии по характеру разрушений:
а – равномерная; б – неравномерная; в – структурно-избирательная; г – пятнами; д – язвами; е – точечная (питтинговая) коррозия; ж – межкристаллитная; з – коррозионное растрескивание; и – подповерхностная

Питтинговая (язвенная, точечная) коррозия возникает на поверхности металла под действием среды, содержащей активизирующие анионы. В этом случае металл корродирует на отдельных небольших участках поверхности, но процесс развивается так быстро, что иногда за несколько дней или месяцев в стенках образуются сквозные отверстия. К питтинговой коррозии склонны железо, алюминий, магний, никель и сплавы на их основе. Питтинговая коррозия на плунжерных парах топливных насосов уменьшает мощность двигателя в среднем на 20%. Активизирующие анионы всегда присутствуют в воде. Их действие сводится к тому, что они, адсорбируясь на участках поверхности, вытесняют пассивирующий кислород, а затем участвуют в процессе растворения металла.

Межкристаллитная коррозия возникает по границам зерен металлической структуры из-за различий в химическом составе зерна и границы. Пластичность и прочность материала резко ухудшается, и он может рассыпаться в порошок. Чаще всего межкристаллитной коррозии подвержена нержавеющая сталь, особенно сварные швы.

Коррозионное растрескивание возникает в металле при одновременном воздействии агрессивной среды и механических напряжений (извне или остаточных напряжений). Особенно подвержены коррозионному растрескиванию высокопрочные стали и сплавы. Трещины могут развиваться между зернами или пересекая их. Коррозионному растрескиванию больше подвержены участки металла, имеющие растягивающие напряжения.

По причинам, вызывающим коррозионные разрушения, можно выделить следующие основные виды коррозии: контактная, атмосферная, щелевая, электрокоррозия, коррозионная усталость.

При соприкосновении металлов различной активности происходит *контактная* коррозия. При этом металлы более электроотрицательные начинают разрушаться быстрее, чем при отсутствии контакта.

Детали сельскохозяйственной техники больше всего подвержены *атмосферной* коррозии, при которой скорость разрушения металла зависит от влажности воздуха, его температуры, солнечной радиации, а также от загрязнённости воздуха коррозионно-агрессивными газовыми и солевыми примесями.

Существенную роль в разрушении металлических конструкций играет *щелевая* коррозия. При этом интенсивная коррозия

развивается не только в имеющихся конструктивных зазорах и щелях, но и во вновь возникающих в процессе эксплуатации между прокладками и металлом. Щелевая коррозия может появиться также при неудовлетворительной сварке. Типичным примером щелевой коррозии является разрушение цилиндров дизелей под уплотнительной резиновой манжетой. Наличие щелей и зазоров, во-первых, способствует удержанию электролитов на поверхности металлов, что приводит к длительному процессу, а, во-вторых, ускоряет само течение реакции.

Разновидностью электрохимической коррозии, приводящей к разрушению подземных сооружений, является *электрокоррозия*, которая возникает под действием блуждающих токов. В подземное сооружение в одном из мест токи входят, а в другом выходят, иначе говоря, отдельные его участки служат катодом или анодом, что ведёт к коррозии анодных участков.

Большое количество конструкций, машин, механизмов, их узлов и деталей в процессе эксплуатации подвергается одновременному воздействию коррозионной среды и циклических напряжений, что вызывает значительно большее их разрушение по сравнению с теми случаями, когда указанные факторы действуют изолированно. Главным проявлением разрушения, в рассматриваемых условиях, является уменьшение циклической прочности металлов. Разрушение имеет хрупкий характер и называется *коррозионной усталостью*.

Процесс коррозионной усталости протекает в три стадии. Первая - характеризует период до возникновения коррозионных трещин и представляет инкубационный период, в течение которого на металле может протекать избирательная коррозия и возникают зародыши коррозионных трещин. На этой стадии не наблюдается заметных изменений циклической прочности. Вторая стадия характеризуется значительной потерей циклической прочности вследствие развития коррозионно-усталостных трещин. Третья, завершающая стадия является уже чисто механическим разрывом оставшегося живого сечения в связи с напряжениями, превышающими предел прочности металла.

Необходимость защиты от коррозии

Коррозия металлов и их сплавов является одной из основных причин потери работоспособности машин. Вследствие совместного воздействия атмосферной коррозии и механических нагрузок

выходит из строя 70-80% деталей машин. Из них 20-25% приходится на долю поломок от перегрузок из-за потери прочности деталей от атмосферной коррозии. В конструкциях машин имеется большое число поверхностей, сопряжений, узлов и деталей, подверженных прямому воздействию атмосферной и других видов коррозии в сочетании с динамическими нагрузками.

Особое значение проблема коррозии имеет в сельскохозяйственном производстве (агрессивная среда животноводческих помещений, использование химически активных удобрений, хранение техники под открытым небом). Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий приведена в таблице 15.

Таблица 15

Классификация типовых сельскохозяйственных сред по степени опасности коррозионных воздействий

Группа коррозионной опасности	Тип среды и ее особенности	Значение коррозионных потерь углеродистой стали (Ст 3) в год	
		г/м^2	мкм
I	Открытая атмосфера:		
	- зона умеренного климата	100-217	13-28
	- зона холодного климата	90-110	11,5-14
II	Атмосфера животноводческого помещения:		
	- коровник	440-640	56-82
	- свинарник	558-721	71-92
	- птичник	500-600	64-76
III	Среда минеральных удобрении и ядохимикатов:		
	- суперфосфат	350-380	35-40
	- аммиачная селитра	380-400	38-50
	- нитрофоска	850-900	100-120
	- сульфат аммония	910-1100	125-145
	- медный купорос	1900-2100	250-270

Наиболее опасными в коррозионном отношении являются минеральные удобрения и ядохимикаты. Поэтому практический интерес представляют исследования по оценке значений и скорости коррозионных разрушений типовых металлических материалов машин в коррозионно-активных средах удобрений. Исследования, выполненные ЦНИИМЭСХ и ГОСНИТИ, позволили классифицировать коррозионную активность широко применяемых удобрений (табл. 16).

Таблица 16

Коррозионная активность минеральных удобрений в год

Удобрение	Скорость коррозии стали, г/м^2		
	Ст 3	45	У8
Медный купорос	2078	2942	2265
Сульфат аммония	1055	1294	1215
Нитрофоска	887	984	933
Сильвинит	574	602	651
Аммиачная селитра	400	552	361
Простой суперфосфат	359	373	339
Мочевина	342	372	353
Гранулированный суперфосфат	338	351	318

Около 75...80% деталей машин, используемых на животноводческих фермах, теряют работоспособность из-за коррозии.

Скорость коррозии конструкционной тонколистовой стали, при воздействии минеральных удобрений, составляет 1,5...2 мм/год.

Высокоактивной коррозионной средой является сенаж. Величина коррозии металла машин, работающих с сенажом, составляет 200...300 г/м^2 в год, глубина коррозионных поражений достигает 1 мм/год.

Обследования сельскохозяйственных машин, подвергнувшихся коррозии, показали, что наиболее интенсивно разрушаются детали, расположенные внизу, имеющие более длительный контакт с почвой. Например, глубина коррозии не законсервированного плужного лемеха достигает 120 мкм в год. При этом коррозионные потери составляют 25-35г на лемех, или 1,5-2% – от его общей массы.

Многие виды машин недостаточно приспособлены к хранению и неудовлетворительно защищены от коррозии. Так, толщина слоя лакокрасочного покрытия у машин зарубежного производства достигает 120 мкм, что в 2-2,5 раза больше, чем у отечественной техники. Большое значение имеет общая компоновка: минимальное число выемок и скрытых полостей, обтекаемая форма, оснащение герметизирующими устройствами и т.п.

Неочищенные от почвы, технологических остатков, частиц удобрений и ядохимикатов, незащищенные от росы, снега металлические поверхности деталей машин интенсивно подвергаются коррозионным разрушениям.

Во многих хозяйствах уровень хранения не отвечает современным требованиям. Обеспеченность хозяйств РФ закрытыми помещениями для хранения сложных машин не превышает 20-25%, оборудованием для наружной очистки и мойки – 45-50%, агрегатами для подготовки к хранению – не более 10%.

В структуре затрат на содержание машин расходы на хранение и противокоррозионную защиту незначительны и составляют около 2%. Недооценка мер по защите техники от коррозии приводит к значительным потерям.

Способы защиты металлов от коррозии

Для борьбы с коррозией металлов применяют различные методы, учитывающие не только особенности самого металла, но и условия его эксплуатации. По характеру воздействия их можно разделить на три основных направления:

1. Воздействие на металл. К этому направлению можно отнести коррозионностойкое легирование, термообработку, применение различных покрытий, ингибиторов и смазок, а также использование электрохимической защиты. Хороший эффект в повышении коррозионной стойкости даёт термомеханикомагнитная обработка металла.

2. Воздействие на среду. Например, в целях снижения коррозии, при нагреве металла (в том числе и при сварке) используют инертные или защитные газы. Для уменьшения электрохимической коррозии в коррозионную среду вводят ингибиторы. Другой способ снижения коррозии в водных растворах - обескислорожнвание. К способам борьбы с коррозией относится также осушение воздуха специальными адсорбентами в замкнутом пространстве, используемое при консервации металлоизделий, в этом случае также могут быть использованы летучие ингибиторы и инертные газы.

3. Воздействие на конструкцию. Здесь необходимо предотвратить контактную и щелевую коррозию путем подбора материалов и прокладок; устранить возможность скопления влаги; обеспечить слитность сечения (наименьшее отношение параметра сечения к его площади) деталей; большее предпочтение следует отдавать сварным соединениям, чем болтовым; обеспечить возможность нанесения и возобновления различных покрытий в процессе эксплуатации и ремонта объектов и др.

В нашей стране разработана и применяется «Единая система защиты от коррозии и старения» (ЕСЗКС) – система государственных стандартов, в которых установлены: единая терминология, методы испытаний, и общие технические требования по основным направлениям противокоррозионной защиты. Большое внимание в ЕСЗКС уделяется обеспечению качества лакокрасочных покрытий, электрохимическим методам защиты и мерам временной противокоррозионной защиты изделий. Инженерные работники в практической деятельности должны придерживаться стандартов «единой системы защиты от коррозии и старения».

Защитные покрытия

Поскольку коррозия металлических изделий начинается, в основном, с поверхности, применение поверхностных защитных покрытий, в частности лакокрасочных, является одним из основных методов защиты металла от коррозии.

Существующие защитные покрытия можно разделить на неметаллические и металлические.

Неметаллическими являются лакокрасочные, химические, полимерные (пластмассы) покрытия, а также стеклоэмали, металлокерамические покрытия, гуммированные поверхности (резиновые покрытия).

Для обеспечения качественной защиты металла с помощью лакокрасочных покрытий необходимо обеспечить хорошую сцепляемость наносимого покрытия с поверхностью металла, что достигается главным образом с помощью промежуточных химических покрытий, получаемых при подготовительных операциях (фосфатирование или применение грунтовок, преобразователей ржавчины).

К химическим покрытиям относят искусственно создаваемые плёнки различного состава (оксидные, фосфатные, хроматные, сульфидные), которые вызывают пассивирование поверхности металла; а также образование на поверхности коррозионностойких неорганических соединений: боридов, карбидов, нитридов.

Пассивация - это логическое следствие того, что на поверхности металла адсорбируются кислородсодержащие компоненты раствора, в первую очередь, молекулы воды. В этот момент ионы водорода восстанавливаются до атомов, при этом потенциал металла еще не достиг потенциала пассивации. Когда атомы соединяются в молекулы водорода, потенциал металла достигает потен-

циала пассивации. При этом связь металла с кислородом очень прочна. Кислород передает свои электроны соседним атомам металла. Коррозия поверхности практически прекращается.

Отметим, что пассивные пленки представляют собой продукты коррозии, которые положительно влияют на торможение коррозионного процесса, препятствуя проникновению коррозионно-активных частиц к поверхности металла.

Примеры оксидирования стали – воронение и синение (чернение). Для воронения изделия покрывают тонким слоем асфальтового или масляного лака и погружают в печь. После пребывания в печи при температуре 350...450 °С в течение 12...20 минут поверхность чернеет и их – выгружают в масляную ванну. При синении изделия нагревают в печи до 310...350 °С, затем выгружают в масляные ванны.

Существует химический способ оксидирования. Изделия погружают в раствор едкого натра, азотнокислого и азотистокислого натрия. В этом растворе изделия выдерживают при температуре 80-90 °С от 20 до 90 минут. Полученные оксидные плёнки пропитывают маслом. Процесс оксидирования алюминия носит название анодирования.

Разнообразны и способы фосфатирования, к числу наиболее простых можно отнести обработку деталей преобразователем ржавчины (в основе ортофосфорная кислота) или в горячем растворе фосфорнокислых солей (например, 1 кг суперфосфата на 2 литра воды при температуре 80-90 °С). Поверхность деталей становится серой или черной в зависимости от толщины покрытия.

Хорошо сопротивляются коррозии металлопласты, представляющие собой металл, покрытый слоем пластмассы.

Существуют разнообразные *металлические* защитные покрытия железа и стали, среди которых широкое распространение получили покрытия цинком, кадмием, хромом, никелем. Нанесение металлических покрытий производится различными способами: горячие покрытия наносят путём погружения защищаемого металла в ванну с расплавленным металлом. Предварительно поверхность очищается, и на неё наносятся вещества, способствующие лучшему сцеплению металла покрытия с основным металлом (предварительное офлюсование). Наиболее распространёнными видами таких покрытий являются оловянные и цинковые.

По механизму действия металлических защитных покрытий можно выделить покрытия, которые обеспечивают только механическую защиту (катодные покрытия), и покрытия, которые обеспечивают электрохимическую защиту (анодные покрытия).

Катодные покрытия – это такая защита, при которой электродный потенциал покрытия оказывается более положительным, по отношению к металлу защищаемой конструкции, например *Sn-Fe* (т.е. железо покрыто более стойким в коррозионном отношении металлом - оловом).

Олово по отношению к железу электроположительный металл. Поэтому оно защищает железо от коррозии чисто механически. При наличии царапины или трещины такое покрытие не только не защищает конструкцию от разрушения, но и, наоборот, ускоряет коррозию, так как в гальванической паре *Sn - Fe* более активным металлом является железо и коррозия распространяется под слой более благородного металла. Если на оловянном слое появляются повреждения, то процесс разрушения железа протекает чрезвычайно быстро. Следовательно, при катодных покрытиях очень важно не допустить в них пор и трещин.

При хромировании, *Cr* стоящий в ряду напряжений ранее *Fe*, в растворах электролитов часто приобретает более электроположительный потенциал и выступает в качестве катода. В этом случае, если плёнка защитного хромового покрытия будет рыхлой, коррозия железа будет весьма интенсивной. Поэтому хромовые покрытия не могут быть в обычном виде использованы для защиты от коррозии.

С целью получения более плотных покрытий, способных защитить сталь от коррозии, непосредственно на неё наносят электролитическим способом слой меди и никеля, а иногда даже тройной слой – никель - медь - никель, а затем уже хром.

Анодные покрытия – это такая защита, при которой электродный потенциал покрытия оказывается более отрицательным по отношению к металлу защищаемой конструкции, например *Zn - Fe* (т.е. железо покрыто менее стойким в коррозионном отношении металлом - цинком).

Физическая сущность такой защиты заключается в следующем. Электроны более активного металла (*Zn*) перетекают на металл с меньшей активностью (*Fe*) и удерживают положительные катионы последнего от перехода в электролит. В результате

замедляется разрушение конструкции. Железо в этой паре не корродирует до тех пор, пока не будет разрушен слой цинка в радиусе его действия. Таким образом, защита металла от коррозии нанесением на его поверхность анодного покрытия сводится к жертве одного металла (более активного) для спасения другого (менее активного).

Цинк имеет меньший электродный потенциал, чем железо. Поэтому его защитное действие не только механическое, но и электрохимическое. Мелкие детали оцинковывают диффузионным способом. В стальной барабан загружают изделия, подлежащие оцинкованию, и засыпают их смесью, состоящей из порошка цинка и окиси цинка. В барабане поддерживается температура 230…400 °С.

Наряду с применением анодных покрытий к *электрохимическим* методам защиты относятся протекторная, катодная и анодная защита.

Скорость электрохимической коррозии зависит от протекания анодных и катодных реакций. Сущность электрохимической защиты состоит в том, что любое отклонение от стационарности, которое может быть достигнуто, например, за счет поляризации металла внешним током или контакта его с другим металлом, неизбежно приводит к снижению скорости одной и увеличению скорости другой реакции. При этом интенсивность коррозии снижается или процесс прекращается полностью.

Катодную поляризацию осуществляют путем присоединения защищаемой конструкции к отрицательному полюсу внешнего источника тока или к металлу, имеющему более отрицательный электродный потенциал. Этот метод используют для борьбы с коррозией таких металлов как сталь, медь, латунь, алюминий.

Получает распространение анодная электрозащита (конструкцию подключают к положительному полюсу внешнего источника тока), сопровождающаяся образованием на защищаемом объекте – аноде оксидных плёнок.

Протекторная защита заключается в искусственном образовании электрохимической цепи путём присоединения к защищаемому объекту более активного в данной среде металла, который и разрушается. Протектор периодически возобновляется в связи с его растворением. Впервые она была применена для предотвращения коррозии стальной обшивки морских судов. К корпусу судна

прикрепляли цинковые пластины, которые, растворяясь в морской воде, защищали стальной корпус.

Эффективность протекторной защиты зависит не только от материала протектора, но и от электропроводности электролита: чем выше его проводимость, тем на большую поверхность распространяется защитное действие протектора.

Протекторы располагают у наиболее опасных в коррозионном отношении мест конструкции. Так, в тракторах типа МТЗ защита применена для предохранения нижнего резервуара радиатора водяного охлаждения двигателя. Резервуар изготовлен из листовой стали. Трубки радиатора латунные. В активной паре *Cu - Fe* роль анода выполняет стальной резервуар. Для его защиты от коррозионного разрушения к внутренней поверхности припаивают цинковую пластину.

Особого внимания заслуживает один из наиболее эффективных инженерных методов защиты от коррозии, который получил широкое применение за последние десятилетия. Это – способ её торможения при помощи добавки в агрессивную среду, лакокрасочные покрытия, защитную смазку или упаковочную бумагу специальных веществ, задерживающих разрушение металла. Они получили название **ингибиторов** коррозии. Небольшие добавки их в десятки, сотни, а иногда в тысячи раз уменьшают связанные с нею вредные последствия. Этим методом можно успешно защищать практически любые металлы и почти в любых средах, включая, воздух, агрессивные газы, морскую и пресную воду, охлаждающие жидкости, моторные масла, жидкое топливо. Весьма перспективно защищать этими методами сельскохозяйственную технику.

По механизму действия ингибиторы можно разделить на катодные, анодные и смешанные. В кислой среде эффективно действуют азотосодержащие и серосодержащие органические вещества (тиомочевина, уротропин, производные аминов). Большинство из них прочно адсорбируются на поверхности металла, повышая перенапряжение катодных и анодных реакций, то есть, оказывая экранирующее действие.

В нейтральных средах ингибирующее действие оказывают как неорганические вещества (силикаты, хроматы, фосфаты, нитриты), так и органические соединения (соли бензойной, адипиновой и других органических кислот, бензотриазол). Коррозионно-тормозящее действие их связывают либо с окислением поверхности металла

(хроматы, нитриты), либо с образованием плёнки труднорастворимого соединения (фосфаты), либо с адсорбционными явлениями на поверхности металла, вследствие чего повышается потенциал металла и замедляется его анодное растворение.

Ингибиторы могут быть летучими и ползучими. Летучие ингибиторы заполняют собой некоторое пространство, а ползучие, попав на изделия в нескольких местах, расползаются по всей поверхности.

Применение ингибиторов позволяет сохранять запасные части, на автотранспорте - продлевать срок службы ДВС. Весьма перспективно защищать сельскохозяйственные машины добавками их в нефтепродукты и краски. Шампуни, предназначенные для мойки легковых автомобилей, в своем составе имеют ингибиторы коррозии, предотвращающие образование коррозии в трещинах на лакокрасочных покрытиях.

Защита конструкций и узлов от контактной коррозии может быть осуществлена следующими приемами: правильным выбором контактирующих металлов, электрической изоляцией контактирующих металлов, рациональными методами конструирования, обработкой коррозионной среды ингибиторами, электрохимической защитой.

Первый путь является наиболее эффективным, так как при этом ликвидируются условия возникновения коррозии. В таблице 17 приведены сведения о совместимости некоторых металлов и сплавов.

Более подробные сведения о допустимости контактов металлов в изделиях, в зависимости от внешних условий, приведены в ГОСТ 9.005-72 «Допустимые и недопустимые контакты металлов. Общие требования».

Считается допустимым контакт алюминиевых сплавов с алюминиевыми, отличающимися по составу; со сплавами на цинковой основе (см. табл. 17), любыми материалами, покрытыми цинком, кадмием и алюминием. Контакт недопустим с нержавеющими и другими высоколегированными сплавами, с хромированными и никелированными деталями, с медью и медными сплавами, никелем и его сплавами.

Стальные детали подвергаются коррозии при контактировании их с медью и медными сплавами, нержавеющими сталями и т.п. Для устранения коррозии в этих случаях, необходимо сплавы, контактирующие со сталью, оцинковывать или кадмировать.

Таблица 17

Совместимость некоторых металлов и сплавов

Металл (сплав)	*Al*	Бронза	Дюралюминий	Латунь	*Cu*	*Ni*	*Sn*	*Cr*	*Zn*	Сталь нелегированная
Al	С	Н	С	Н	Н	Н	Н	Н	С	С
Бронза	Н	С	Н	С	С	С	С	С	Н	Н
Дюралюминий	С	Н	С	Н	Н	Н	Н	Н	С	С
Латунь	Н	С	Н	С	С	С	Н	С	Н	Н
Cu	Н	С	Н	С	С	С	Н	С	Н	Н
Ni	Н	С	Н	С	С	С	Н	-	С	С
Sn	Н	Н	Н	Н	Н	Н	С	-	С	С
Cr	Н	С	Н	С	С	-	-	С	С	С
Zn	С	Н	С	Н	Н	С	С	С	С	С
Сталь нелегированная	С	Н	С	Н	Н	С	С	С	С	С
С – совместимые пары; Н – несовместимые пары										

Защита конструкций от **щелевой** коррозии может быть осуществлена следующими методами: уплотнением зазоров и щелей, рациональными методами конструирования, электрохимической защитой, подбором материалов, малочувствительных к щелевой коррозии; ингибиторами.

Уплотнение зазоров является самым действенным средством борьбы со щелевой коррозией. Для этой цели применяются изолирующие ленты, герметики и смазки. Хорошей сопротивляемостью щелевой коррозии обладают нержавеющие стали, которые содержат молибден, хром, титан.

Борьба с питтинговой коррозией заключается в выборе оптимального состава металлов, повышении чистоты металла по включениям и примесям. Наиболее стойкими против питтинговой коррозии являются стали, содержащие в своем составе молибден. Повышает стойкость стали против коррозии дополнительное легирование её кремнием и ванадием.

Борьба с коррозионным растрескиванием сводится к созданию напряжений сжатия в местах, подверженных коррозионному растрескиванию; воздействием на агрессивную среду введением ингибиторов.

Межкристаллитная коррозия встречается у нержавеющих сталей. Их коррозионные свойства зависят от содержания хрома. Введение этого элемента в сталь, в количестве 12% и более, на несколько порядков повышает ее коррозионную стойкость, даже по сравнению со сталью легированной 11% хрома. Именно 12% хрома служат отправной точкой для последующего легирования нержавеющей стали хромом и другими элементами.

В интервале температур 500…850 °С на границах зерен происходят микроструктурные превращения с образованием карбамидов хрома и образованием зон, обедненных хромом. Поэтому при контакте с агрессивными средами эти обедненные зоны избирательно растворяются, что служит началом развития межкристаллитной коррозии. Чтобы избавиться от нее, надо исключить возможность образования при сварке нержавеющих сталей карбидов хрома (соединение углерода и хрома) и обедненных хромом зон по границам зерен.

Меры борьбы с межкристаллитной коррозией включают также: снижение содержания углерода в стали до 0,01%; введение в сталь стабилизирующих элементов (титан, тантал и др.), которые способствуют переходу углерода в тугоплавкие карбиды; применение термической обработки изделий, способствующей разложению карбидов хрома.

Применение защитных смазок и консервационных материалов. Консервационные материалы (восковые дисперсии, различные нефтепродукты, резинобитумные и ингибированные составы) образуют на металлической поверхности защитные пленки, которые изолируют металл от окружающей среды и разрушают систему гальванических микроэлементов на его поверхности.

К числу существующих препаратов можно отнести:

1. Пластичные смазки характеризуются высокой защитной эффективностью, но и значительной трудоемкостью применения при консервации и расконсервации.

2. Жидкие консервационные масла характеризуются хорошей технологичностью, но защитная способность их невысокая из-за возможности смыва атмосферными осадками. Их применяют для консервации внутренних поверхностей.

3. Пленкообразующие ингибированные нефтяные составы (ПИНСы) образуют на защищаемой поверхности твердые и полутвердые пленки. Такие составы применяют для противокоррозионной защиты техники при хранении на открытых площадках.

4. Защитные восковые дисперсии – это суспензии защитных материалов в воде или в бензине. Такие составы обеспечивают защиту от атмосферной коррозии не только металлических деталей машин, но также резины и лакокрасочных покрытий.

5. Маслорастворимые ингибиторы коррозии в сочетании с маслами образуют консервационные композиции для защиты наружных и внутренних поверхностей машин и механизмов.

6. Летучие ингибиторы коррозии, испаряясь в замкнутом объеме, насыщают своими парами поверхности изделий и предохраняют их от атмосферной коррозии.

7. Ингибированная бумага, пропитанная нелетучими ингибиторами. Ее применяют для надежной герметизации изделий на срок от 5 до 10 лет.

При выборе консервационных материалов необходимо учитывать: вид защищаемой поверхности, характер агрессивной среды и других разрушающих факторов, технологию применения состава, экономические характеристики и дефицитность применяемых материалов.

Задание

Провести ускоренные испытания различных защитных покрытий на коррозионную стойкость.

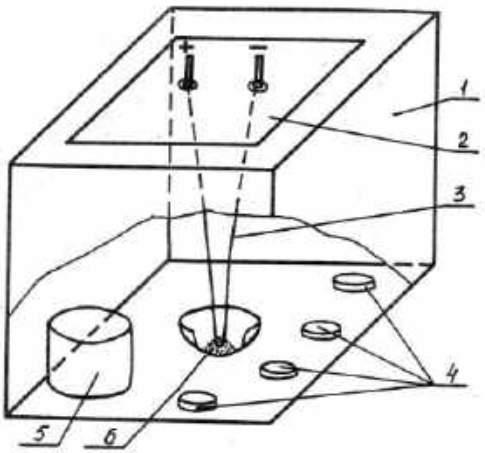


Рис. 14. Устройство камеры для ускоренных испытаний защитных покрытий
1 – корпус; 2 – крышка; 3 – нагревательная спираль; 4 – исследуемые образцы; 5 – ёмкость с водой; 6 – навеска с серой

Для ускоренных испытаний защитных покрытий применяется специальная камера (рис. 14), позволяющая создавать агрессивную коррозионную среду. Она состоит из корпуса *1*, выполненного из органического стекла, сверху имеет крышку *2*, в которой смонтирована электрическая нагревательная спираль 3. Внутри располагаются исследуемые образцы *4*. В камере создаётся влажная атмосфера путём помещения в неё ёмкости *5* с горячей водой. Агрессивная среда получается путём сжигания навески серы *6*.

В качестве защитных покрытий можно применять отработанное масло, антикоррозийную смазку, ингибированную бумагу, ползучий ингибитор, промасленную бумагу, битумную смазку и др.

Порядок выполнения работы

1. Подготовить образцы к нанесению защитного покрытия. Для этого рабочие поверхности образцов зачистить наждачной бумагой до металлического блеска и обезжирить ацетоном.

2. Нанести на образцы исследуемые защитные покрытия Для сравнения взять незащищенные образцы и образцы искусственно загрязненные.

3. Поместить образцы в камеру ускоренных испытаний. Для сопоставимости результатов образцы располагать рабочей поверхностью кверху.

4. Поставить в камеру ёмкость с горячей водой для создания в камере избыточной влажности.

5. Насыпать навеску серы (0,5 г) и закрыть камеру крышкой. Проследить, чтобы нагревательная спираль коснулась серы. Для полной герметизации стыки крышки залить парафином.

6. Сжечь серу, подведя электрический ток к нагревательной спирали.

7. Выдержать образцы в агрессивной среде в течение суток.

8. По результатам опыта дать сравнительную оценку применяемым защитным покрытиям.

За оценку стойкости покрытия принимается степень поражения поверхности коррозией по площади.

Контрольные вопросы

1. Что является первопричиной коррозии?

2. Приведите наиболее агрессивные коррозионные среды в с.х. Почему при постановке машин на хранение необходима тщательная их очистка?

3. Какие существуют виды коррозии по механизму протекания процесса и по характеру поражения поверхности?

4. Какие существуют виды защиты металлов от коррозии?

5. В чем сущность электрохимической защиты?

6. Назовите основные методы защиты от контактной и щелевой коррозии.

7. Декатирование. Пассивирование. Оксидирование. Поясните суть процессов, приведите примеры. Что такое ингибиторы коррозии?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Курчаткин, В. В. Надежность и ремонт машин : учебное пособие / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов и др.; Под ред В.В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 776 с. : ил.

2. Галеев, А.Д. Основы надежности технических систем : учебно-методическое пособие / Е.В. Старовойтова, С.И. Поникаров. – Казань : КНИТУ, 2019. – 224 с.

3. Власов, П.А. Причины снижения надежности сельскохозяйственной техники : учебное пособие. – Саратов : ССХИ, 1990 (1991). – 50 с. : ил.

4. Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://book.ru

5. Российская научная электронная библиотека [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://elibrary.ru

6. Сетевой научно-методический журнал [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://agromagazine.msau.ru/

7. ГОСТ 9.402-2004. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200040460

8. ГОСТ Р 27.102-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://docs.cntd.ru/document/1200181141

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица П.1.1

Коэффициент Ирвина λ_m

Повторность информации N	λ при β=0,95	λ при β = 0,99	Повторность информации N	λ при β = 0,95	λ при β = 0,99
2	2,8	3,7	30	1,2	1,7
3	2,2	2,9	50	1,1	1,6
10	1,5	2,0	100	1,0	1,5
20	1,3	1,8	400	0,9	1,3

Таблица П.1.2

Дифференциальная функция закона нормального распределения

$$f_0\left(\frac{t_{ic}-\bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ic}-\bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
0,1	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39
0,2	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,38	0,38
0,3	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,37	0,37	0,37	0,37
0,4	0,37	0,37	0,37	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,36	0,35
0,5	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
0,6	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,32	0,32	0,32	0,32	0,31
0,7	0,31	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30	0,30	0,30	0,29	0,29
0,8	0,29	0,29	0,29	0,28	0,28	0,28	0,28	0,27	0,27	0,27
0,9	0,27	0,26	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25	0,25	0,24
1,0	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22
1,1	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20
1,2	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,18	0,18	0,18	0,18	0,17
1,3	0,17	0,17	0,17	0,17	0,16	0,16	0,16	0,16	0,15	0,15
1,4	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13
1,5	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
1,6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1,7	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08
1,8	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
1,9	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
2,0	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2,1	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
2,2	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
2,3	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
2,4	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
2,5	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
2,6	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
2,8	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
3,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Таблица П.1.3

Интегральная функция закона нормального распределения

$$F_0\left(\frac{t_{ik}-\bar{t}}{\sigma}\right)$$

$\frac{t_{ik}-\bar{t}}{\sigma}$	Сотые доли									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,0	0,50	0,50	0,51	0,51	0,52	0,52	0,52	0,53	0,53	0,54
0,1	0,54	0,54	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56	0,57	0,57	0,58
0,2	0,58	0,58	0,59	0,59	0,60	0,60	0,60	0,61	0,61	0,61
0,3	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63	0,64	0,64	0,64	0,65	0,65
0,4	0,66	0,66	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69
0,5	0,69	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
0,6	0,73	0,73	0,73	0,74	0,74	0,74	0,75	0,75	0,75	0,75
0,7	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77	0,78	0,78	0,78	0,79
0,8	0,79	0,79	0,79	0,80	0,80	0,80	0,81	0,81	0,81	0,81
0,9	0,82	0,82	0,82	0,82	0,83	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84
1,0	0,84	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,86	0,86	0,86	0,86
1,1	0,86	0,87	0,87	0,87	0,87	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
1,2	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,90	0,90	0,90	0,90
1,3	0,90	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,92	0,92	0,92
1,4	0,92	0,92	0,92	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
1,5	0,93	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94
1,6	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,96
1,7	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
1,8	0,96	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
1,9	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
2,0	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
2,1	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
2,2	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,3	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,4	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2,5	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Таблица П.1.4

Параметры и коэффициенты закона распределения Вейбулла (3РВ)

b	K_g	C_g	V	S_g	P_{on}
0,800	1,133	1,428	1,261	2,815	0,669
0,820	1,114	1,367	1,227	2,707	0,661
0,840	1,096	1,311	1,196	2,608	0,658
0,860	1,080	1,261	1,167	2,514	0,655
0,880	1,066	1,214	1,139	2,427	0,652
0,900	1,052	1,171	1,113	2,345	0,649
0,920	1,040	1,132	1,088	2,268	0,645
0,940	1,029	1,095	1,064	2,195	0,641
0,960	1,018	1,061	1,042	2,127	0,638
0,980	1,009	1,029	1,020	2,062	0,635
1,000	1,000	1,000	1,000	2,000	0,632
1,040	0,984	0,947	0,962	1,886	0,626
1,080	0,971	0,900	0,927	1,782	0,620
1,120	0,959	0,858	0,894	1,688	0,615
1,160	0,949	0,821	0,865	1,601	0,610
1,200	0,941	0,787	0,837	1,521	0,605
1,240	0,933	0,757	0,811	1,447	0,600
1,280	0,926	0,729	0,787	1,378	0,596
1,320	0,921	0,704	0,765	1,314	0,592
1,360	0,916	0,681	0,744	1,255	0,588
1,400	0,911	0,660	0,724	1,198	0,584
1,420	0,909	0,650	0,714	1,172	0,582
1,440	0,908	0,640	0,705	1,146	0,580
1,460	0,906	0,631	0,696	1,120	0,578
1,480	0,904	0,622	0,687	1,096	0,577
1,500	0,903	0,613	0,679	1,072	0,576
1,520	0,901	0,605	0,671	1,049	0,574
1,540	0,900	0,597	0,663	1,026	0,572
1,560	0,899	0,589	0,655	1,004	0,570
1,580	0,898	0,581	0,647	0,983	0,569
1,600	0,897	0,574	0,640	0,962	0,568
1,620	0,896	0,567	0,633	0,942	0,566
1,640	0,895	0,560	0,626	0,922	0,564
1,660	0,894	0,553	0,619	0,902	0,563
1,680	0,893	0,546	0,612	0,883	0,562
1,700	0,892	0,540	0,605	0,865	0,561
1,720	0,892	0,534	0,599	0,847	0,559
1,740	0,891	0,528	0,593	0,829	0,558
1,760	0,890	0,522	0,587	0,812	0,557
1,780	0,890	0,517	0,581	0,795	0,556
1,800	0,889	0,511	0,575	0,779	0,555
1,820	0,889	0,506	0,569	0,763	0,553
1,840	0,888	0,501	0,564	0,747	0,552
1,860	0,888	0,496	0,558	0,731	0,551

Продолжение таблицы П.1.4

b	$K_в$	$C_в$	V	$S_в$	$P_{оп}$
1,880	0,888	0,491	0,553	0,716	0,550
1,900	0,887	0,486	0,547	0,701	0,549
1,920	0,887	0,481	0,542	0,687	0,548
1,940	0,887	0,476	0,537	0,672	0,547
1,960	0,887	0,472	0,532	0,658	0,546
1,980	0,886	0,468	0,527	0,645	0,545
2,000	0,886	0,463	0,523	0,631	0,544
2,020	0,886	0,459	0,518	0,618	0,543
2,040	0,886	0,455	0,513	0,605	0,542
2,060	0,886	0,451	0,509	0,592	0,541
2,080	0,886	0,447	0,505	0,579	0,540
2,100	0,886	0,443	0,500	0,567	0,539
2,120	0,886	0,439	0,496	0,555	0,538
2,140	0,886	0,436	0,492	0,543	0,537
2,160	0,886	0,432	0,488	0,531	0,536
2,180	0,886	0,428	0,484	0,520	0,535
2,200	0,886	0,425	0,480	0,509	0,535
2,220	0,886	0,421	0,476	0,498	0,534
2,240	0,886	0,418	0,472	0,487	0,533
2,260	0,886	0,415	0,468	0,476	0,533
2,280	0,886	0,412	0,465	0,465	0,532
2,300	0,886	0,408	0,461	0,455	0,531
2,320	0,886	0,405	0,457	0,444	0,531
2,340	0,886	0,402	0,454	0,434	0,530
2,360	0,886	0,399	0,451	0,424	0,529
2,380	0,886	0,396	0,447	0,415	0,528
2,400	0,886	0,393	0,444	0,405	0,527
2,420	0,887	0,391	0,441	0,395	0,527
2,440	0,887	0,388	0,437	0,386	0,526
2,460	0,887	0,385	0,434	0,377	0,526
2,480	0,887	0,382	0,431	0,368	0,525
2,500	0,887	0,380	0,428	0,359	0,524
2,520	0,887	0,377	0,425	0,350	0,524
2,540	0,888	0,374	0,422	0,341	0,523
2,560	0,888	0,372	0,419	0,332	0,522
2,580	0,888	0,369	0,416	0,324	0,521
2,600	0,888	0,367	0,413	0,315	0,520
2,620	0,888	0,364	0,410	0,307	0,520
2,640	0,889	0,362	0,407	0,299	0,519
2,680	0,889	0,357	0,402	0,283	0,518
2,700	0,889	0,355	0,399	0,275	0,517
2,720	0,889	0,353	0,397	0,267	0,517
2,740	0,890	0,351	0,394	0,260	0,516
2,760	0,890	0,348	0,392	0,252	0,516

Продолжение таблицы П.1.4

b	$K_в$	$C_в$	V	$S_в$	$P_{оп}$
2,780	0,890	0,346	0,389	0,245	0,515
2,800	0,890	0,344	0,387	0,237	0,514
2,820	0,891	0,342	0,384	0,230	0,514
2,840	0,891	0,340	0,382	0,223	0,513
2,860	0,891	0,338	0,379	0,216	0,513
2,880	0,891	0,336	0,377	0,209	0,512
2,900	0,892	0,334	0,375	0,202	0,512
2,920	0,892	0,332	0,372	0,195	0,511
2,940	0,892	0,330	0,370	0,188	0,511
2,960	0,892	0,328	0,368	0,181	0,510
2,980	0,893	0,326	0,366	0,175	0,510
3,000	0,893	0,325	0,363	0,168	0,509
3,020	0,893	0,323	0,361	0,162	0,509
3,040	0,893	0,321	0,359	0,155	0,508
3,060	0,894	0,319	0,357	0,149	0,508
3,080	0,894	0,317	0,355	0,143	0,507
3,100	0,894	0,316	0,353	0,136	0,507
3,120	0,895	0,314	0,351	0,130	0,507
3,140	0,895	0,312	0,349	0,124	0,506
3,160	0,895	0,310	0,347	0,118	0,506
3,180	0,895	0,309	0,345	0,112	0,505
3,200	0,896	0,307	0,343	0,106	0,505
3,220	0,896	0,306	0,341	0,101	0,505
3,240	0,896	0,304	0,339	0,095	0,504
3,260	0,896	0,302	0,337	0,089	0,504
3,280	0,897	0,301	0,335	0,083	0,503
3,300	0,897	0,299	0,334	0,078	0,503
3,320	0,897	0,298	0,332	0,072	0,503
3,340	0,898	0,296	0,330	0,067	0,502
3,360	0,898	0,295	0,328	0,061	0,502
3,380	0,898	0,293	0,326	0,056	0,501
3,400	0,898	0,292	0,325	0,051	0,501
3,420	0,899	0,290	0,323	0,046	0,501
3,440	0,899	0,289	0,321	0,040	0,500
3,460	0,899	0,287	0,320	0,035	0,500
3,480	0,899	0,286	0,318	0,030	0,499
3,500	0,900	0,285	0,316	0,025	0,499
3,520	0,900	0,283	0,315	0,020	0,499
3,540	0,900	0,282	0,313	0,015	0,498
3,560	0,901	0,281	0,312	0,010	0,498
3,580	0,901	0,279	0,310	0,005	0,497
3,600	0,901	0,278	0,308	0,001	0,497
3,620	0,901	0,277	0,307	-0,004	0,497
3,640	0,902	0,275	0,305	-0,009	0,496

Окончание таблицы П.1.4

b	$K_в$	$C_в$	V	$S_в$	$P_{оп}$
3,660	0,902	0,274	0,304	-0,014	0,496
3,680	0,902	0,273	0,302	-0,018	0,495
3,700	0,902	0,272	0,301	-0,023	0,495
3,720	0,903	0,270	0,299	-0,027	0,495
3,740	0,903	0,269	0,298	-0,032	0,495
3,760	0,903	0,268	0,297	-0,036	0,494
3,780	0,903	0,267	0,295	-0,041	0,494
3,800	0,904	0,266	0,294	-0,045	0,494
3,820	0,904	0,264	0,292	-0,050	0,494
3,840	0,904	0,263	0,291	-0,054	0,494
3,860	0,905	0,262	0,290	-0,058	0,493
3,880	0,905	0,261	0,288	-0,062	0,493
3,900	0,905	0,260	0,287	-0,067	0,493
3,920	0,905	0,259	0,286	-0,071	0,492
3,940	0,906	0,258	0,284	-0,075	0,492
3,960	0,906	0,256	0,283	-0,079	0,492
3,980	0,906	0,255	0,282	-0,083	0,491
4,000	0,906	0,254	0,280	-0,087	0,491
4,020	0,907	0,253	0,279	-0,091	0,491
4,040	0,907	0,252	0,278	-0,095	0,490
4,060	0,907	0,251	0,277	-0,099	0,490
4,080	0,907	0,250	0,276	-0,103	0,489
4,100	0,908	0,246	0,274	-0,107	0,489
4,120	0,908	0,248	0,273	-0,111	0,489
4,140	0,908	0,247	0,272	-0,115	0,488
4,160	0,908	0,246	0,271	-0,118	0,488
4,180	0,909	0,245	0,270	-0,122	0,487
4,200	0,909	0,244	0,268	0,126	0,487

Таблица П.1.5

Дифференциальная функция закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

$\frac{t_{ir}-C}{a}$	Параметр b						
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	3,0
0,1	0,91	0,71	0,54	0,39	0,28	0,20	0,03
0,2	0,82	0,75	0,66	0,57	0,47	0,38	0,12
0,3	0,74	0,75	0,72	0,67	0,61	0,55	0,26
0,4	0,67	0,72	0,74	0,73	0,71	0,68	0,45
0,5	0,61	0,68	0,73	0,76	0,78	0,78	0,66
0,6	0,55	0,63	0,70	0,76	0,80	0,84	0,87
0,7	0,50	0,58	0,66	0,73	0,80	0,86	1,04
0,8	0,45	0,53	0,62	0,70	0,77	0,84	1,15
0,9	0,41	0,49	0,57	0,65	0,72	0,80	1,17
1,0	0,37	0,44	0,52	0,59	0,66	0,74	1,10
1,1	0,33	0,40	0,46	0,53	0,59	0,66	0,96
1,2	0,30	0,36	0,41	0,47	0,52	0,57	0,77
1,3	0,27	0,32	0,37	0,41	0,45	0,48	0,56
1,4	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,39	0,38
1,5	0,22	0,26	0,28	0,30	0,31	0,32	0,23
1,6	0,20	0,23	0,25	0,25	0,26	0,25	0,13
1,7	0,18	0,20	0,21	0,21	0,21	0,19	0,06
1,8	0,17	0,18	0,18	0,18	0,16	0,14	0,03
1,9	0,15	0,16	0,16	0,14	0,13	0,10	0,01
2,0	0,14	0,14	0,13	0,12	0,10	0,07	0,00
2,1	0,12	0,12	0,11	0,09	0,07	0,05	0,00
2,2	0,11	0,11	0,09	0,08	0,05	0,04	-
2,3	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04	0,02	-
2,4	0,09	0,08	0,07	0,05	0,03	0,02	-
2,5	0,08	0,07	0,06	0,04	0,02	0,01	-

Таблица П.1.6

Интегральная функция $F[(t_{ik} - C)/a]$
закона распределения Вейбулла (ЗРВ)

$\frac{t_{ik} - C}{a}$	Параметр b											
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
0,1	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01
0,2	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04
0,3	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09
0,4	0,35	0,33	0,31	0,28	0,26	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,16	0,15
0,5	0,41	0,39	0,37	0,35	0,33	0,32	0,30	0,28	0,27	0,25	0,24	0,22
0,6	0,47	0,45	0,43	0,42	0,40	0,39	0,37	0,36	0,34	0,33	0,32	0,30
0,7	0,52	0,50	0,49	0,48	0,47	0,46	0,44	0,43	0,43	0,41	0,40	0,39
0,8	0,56	0,55	0,54	0,54	0,53	0,52	0,51	0,50	0,50	0,49	0,48	0,47
0,9	0,60	0,59	0,59	0,59	0,58	0,58	0,57	0,57	0,57	0,56	0,56	0,56
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,66	0,67	0,67	0,67	0,68	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,70	0,70
1,2	0,69	0,70	0,71	0,71	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,76
1,3	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82
1,4	0,74	0,75	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86
1,5	0,76	0,78	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,86	0,87	0,89	0,90
1,6	0,78	0,80	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,92
1,7	0,80	0,82	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94
1,8	0,82	0,84	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,97
1,9	0,83	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,97
2,0	0,85	0,87	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98
2,1	0,86	0,88	0,90	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
2,2	0,87	0,89	0,91	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
2,3	0,88	0,90	0,92	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00
2,4	0,89	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
2,5	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
2,6	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
2,7	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2,8	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
2,9	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,0	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3,5	0,95	0,96	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
4,0	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Окончание таблицы П.1.6

$\frac{t_ж - t_{см}}{a}$	Параметр b										
	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,9	4,0
0,1	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,2	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00
0,3	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,01	0,01
0,4	0,14	0,12	0,11	0,10	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,03	0,03
0,5	0,21	0,20	0,18	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13	0,13	0,06	0,06
0,6	0,29	0,28	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,21	0,20	0,13	0,12
0,7	0,38	0,37	0,36	0,35	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30	0,22	0,21
0,8	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,42	0,41	0,41	0,34	0,34
0,9	0,55	0,55	0,54	0,54	0,54	0,53	0,53	0,53	0,52	0,48	0,48
1,0	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63
1,1	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,77	0,77
1,2	0,77	0,78	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81	0,81	0,82	0,87	0,87
1,3	0,82	0,83	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,88	0,94	0,94
1,4	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,93	0,98	0,98
1,5	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,99	0,99
1,6	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	1,00	1,00
1,7	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00
1,8	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
1,9	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,0	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2,1	0,99	0,99	1,00	1,00							
2,2	0,99	1,00	1,00	1,00							
2,3	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,4	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,5	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,6	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,7	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,8	1,00	1,00	1,00	1,00							
2,9	1,00	1,00	1,00	1,00							
3,0	1,00	1,00	1,00	1,00							
3,5	1,00	1,00	1,00	1,00							
4,0	1,00	1,00	1,00	1,00							

Таблица П.1.7

Значения $P(\lambda)$ критерия Колмогорова

λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$	λ	$P(\lambda)$
0,0	1,000	0,7	0,711	1,4	0,040
0,1	1,000	0,8	0,544	1,5	0,022
0,2	1,000	0,9	0,393	1,6	0,012
0,3	1,000	1,0	0,270	1,7	0,006
0,4	0,997	1,1	0,178	1,8	0,003
0,5	0,967	1,2	0,112	1,9	0,002
0,6	0,864	1,3	0,068	2,0	0,001

Таблица П.1.8

Вероятность совпадения P % по критерию согласия χ^2

r	P, %							
	95	90	80	70	50	30	20	10
1	0,00	0,02	0,06	0,15	0,45	1,07	1,64	2,71
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60
3	0,35	0,58	1,00	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24
6	1,64	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,6
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,34	8,38	9,80	12,0
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,0	13,4
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,7	12,2	14,7
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,8	13,4	16,0

Таблица П.1.9

Коэффициенты t_β, r_1 и r_3 для двусторонних доверительных границ

N	$\beta = 0,60$			$\beta = 0,80$			$\beta = 0,90$			$\beta = 0,95$		
	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3	t_β	r_1	r_3
3	1,06	1,95	0,70	1,89	2,73	0,57	2,92	3,66	0,48	4,30	4,85	0,42
4	0,98	1,74	0,73	1,64	2,29	0,60	2,35	2,93	0,52	3,18	3,67	0,46
5	0,94	1,62	0,75	1,53	2,05	0,62	2,13	2,54	0,55	2,78	3,07	0,49
6	0,92	1,54	0,76	1,48	1,90	0,65	2,02	2,29	0,57	2,57	2,72	0,51
7	0,91	1,48	0,77	1,44	1,80	0,67	1,94	2,13	0,59	2,45	2,48	0,54
8	0,90	1,43	0,78	1,42	1,72	0,68	1,90	2,01	0,61	2,37	2,32	0,56
9	0,89	1,40	0,79	1,40	1,66	0,69	1,86	1,91	0,63	2,31	2,18	0,57
10	0,88	1,37	0,80	1,38	1,61	0,70	1,83	1,83	0,64	2,26	2,09	0,59
11	0,88	1,35	0,80	1,37	1,57	0,70	1,81	1,78	0,64	2,23	2,00	0,60
12	0,88	1,33	0,81	1,36	1,53	0,71	1,80	1,73	0,65	2,20	1,94	0,61
13	0,87	1,31	0,81	1,36	1,50	0,73	1,78	1,69	0,66	2,18	1,88	0,62
14	0,87	1,29	0,83	1,35	1,48	0,74	1,77	1,65	0,67	2,16	1,83	0,63
15	0,87	1,28	0,83	1,35	1,46	0,74	1,76	1,62	0,68	2,15	1,79	0,64
20	0,86	1,24	0,85	1,33	1,37	0,77	1,73	1,51	0,72	2,09	1,64	0,67
25	0,86	1,21	0,86	1,32	1,33	0,79	1,71	1,44	0,74	2,06	1,55	0,70
30	0,85	1,18	0,87	1,31	1,29	0,80	1,70	1,39	0,76	2,04	1,48	0,72
40	0,85	1,16	0,88	1,30	1,24	0,83	1,68	1,32	0,78	2,02	1,40	0,75
50	0,85	1,14	0,89	1,30	1,21	0,84	1,68	1,28	0,80	2,01	1,35	0,77
60	0,85	1,12	0,90	1,30	1,19	0,86	1,67	1,25	0,82	2,00	1,31	0,79
80	0,85	1,10	0,91	1,29	1,16	0,87	1,66	1,21	0,84	1,99	1,27	0,81
100	0,85	1,09	0,92	1,29	1,14	0,88	1,66	1,19	0,86	1,98	1,23	0,83

Таблица П.1.10

Квантили закона распределения Вейбулла (ЗРВ) H_k^ε

$F(t)$, ΣP_i	Параметр ε															
	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,16	0,22	0,27	0,32
0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,14	0,16	0,18	0,25	0,31	0,37	0,42
0,05	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,17	0,19	0,21	0,23	0,31	0,37	0,43	0,48
0,07	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,35	0,42	0,47	0,52
0,10	0,08	0,11	0,13	0,15	0,18	0,20	0,22	0,25	0,27	0,29	0,31	0,33	0,41	0,47	0,53	0,57
0,15	0,14	0,17	0,19	0,23	0,25	0,29	0,30	0,33	0,35	0,38	0,40	0,42	0,50	0,56	0,60	0,63
0,20	0,19	0,22	0,26	0,29	0,32	0,34	0,37	0,39	0,41	0,44	0,45	0,47	0,55	0,61	0,65	0,69
0,25	0,25	0,29	0,33	0,36	0,39	0,41	0,44	0,46	0,48	0,50	0,52	0,54	0,61	0,66	0,70	0,73
0,30	0,32	0,36	0,39	0,42	0,45	0,48	0,50	0,53	0,55	0,56	0,58	0,60	0,66	0,71	0,75	0,77
0,35	0,40	0,44	0,47	0,50	0,53	0,55	0,57	0,59	0,61	0,62	0,64	0,66	0,71	0,75	0,79	0,81
0,40	0,47	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,67	0,69	0,70	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85
0,45	0,57	0,60	0,63	0,66	0,68	0,69	0,71	0,73	0,74	0,75	0,76	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88
0,50	0,67	0,69	0,72	0,74	0,75	0,77	0,78	0,80	0,81	0,82	0,83	0,83	0,86	0,89	0,90	0,91
0,55	0,79	0,81	0,82	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,90	0,91	0,91	0,93	0,94	0,95
0,60	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,94	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98
0,65	1,07	1,06	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,02	1,02	1,02	1,02
0,70	1,23	1,20	1,18	1,17	1,15	1,14	1,13	1,12	1,12	1,11	1,10	1,10	1,08	1,06	1,05	1,05
0,75	1,45	1,40	1,36	1,33	1,30	1,27	1,25	1,23	1,22	1,21	1,20	1,18	1,14	1,11	1,10	1,09
0,80	1,70	1,61	1,54	1,49	1,44	1,41	1,37	1,35	1,32	1,30	1,29	1,27	1,21	1,17	1,15	1,13
0,85	2,11	1,96	1,84	1,74	1,67	1,61	1,55	1,51	1,47	1,45	1,32	1,39	1,31	1,25	1,21	1,18
0,90	2,53	2,30	2,13	2,00	1,90	1,81	1,74	1,68	1,63	1,59	1,55	1,52	1,40	1,32	1,27	1,23
0,93	2,96	2,66	2,43	2,26	2,12	2,01	1,92	1,84	1,78	1,72	1,67	1,63	1,48	1,39	1,32	1,28
0,95	3,38	3,00	2,71	2,49	2,33	2,19	2,08	1,99	1,91	1,84	1,78	1,73	1,55	1,44	1,37	1,32
0,97	4,03	3,51	3,13	2,84	2,63	2,45	2,31	2,19	2,09	2,01	1,94	1,87	1,65	1,52	1,43	1,37
0,99	5,46	4,60	4,01	3,57	3,24	2,98	2,77	2,60	2,46	2,34	2,23	2,15	1,84	1,66	1,55	1,46

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Практическое занятие № 1 Выбор плана испытаний 4

Практическое занятие № 2 Методика обработки полной информации по показателям надежности с построением статистического ряда информации 8

Практическое занятие № 3 Расчет дифференциальных и интегральных функций при оценке показателя надежности для ЗНР и ЗРВ 13

Практическое занятие № 4 Методы выбора теоретического закона распределения показателя надежности 17

Практическое занятие № 5 Определение доверительных границ рассеивания одиночного и среднего значения показателя надежности и ошибки переноса 23

Практическое занятие № 6 Методика обработки полной информации по показателям надежности при малых выборках 29

Практическое занятие № 7 Прогнозирование остаточного ресурса 36

Практическое занятие № 8 Коррозия 45

Рекомендуемая литература 66

Приложения 67

Учебное издание

Жильцов Сергей Николаевич,
Приказчиков Максим Сергеевич

НАДЁЖНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Методические указания

Подписано в печать 22.11.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 4,59; печ. л. 4,94. Тираж 50. Заказ № 281.
Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru.



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

О. М. Парфенов, С. А. Иванайский,
М. А. Канаев, С. В. Денисов

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 631.3(0.75)
ББК 40.70.07
П18

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Парфенов, О .М.

П18 Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания / О. М. Парфенов, С. А. Иванайский, М. А. Канаев, С. В. Денисов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 56 с.

В методических указаниях разработаны лабораторные работы на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин на лабораторных установках, разработанных на кафедре. Приведены варианты конкретных заданий.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по специальности 35.03.06. «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Парфенов О. М., Иванайский С. А.,
Канаев М. А., Денисов С. В., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями типовой программы по изучению дисциплины.

Цель издания методических указаний – закрепление теоретических знаний обучающихся и получение навыков определения необходимых значений экспериментальных данных, используемых при проектировании рабочих органов сельскохозяйственных машин в целом, их узлов, с последующим их использованием в расчетах технологических и эксплуатационных параметров проектируемой машины.

Лабораторные работы разработаны на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин и литературных источников, указанных в рабочей программе по изучаемому курсу.

Все лабораторные установки, используемые для получения необходимых показателей, разработаны и изготовлены на кафедре СХМ и МЖ ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, а лабораторная работа № 7 выполняется с использованием серийной машины заводского изготовления. Отчет по выполненной работе представляется в письменном виде, и должен содержать ответы на пункты, указанные в конце каждой работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
Изучение физико-механических свойств почвы и их использование при расчете параметров полевой доски и тягового сопротивления плуга

Цели работы: изучить с основными физико-механическими свойствами почвы и методикой их определения; изучить с приборами и оборудованием для определения твердости почвы и коэффициента трения.

Приборы и оборудование: твердомер Ревякина; установка для определения коэффициента трения; технические весы; гири 1, 2, 3, 4, 5 кг.

Почва представляет собой трехфазную дисперсную среду, обладающую целым рядом физико-механических свойств. Эти свойства обуславливают силовую характеристику рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, что определяет энергетические и технико-экономические показатели работы почвообрабатывающих агрегатов. Наиболее важными физико-механическими свойствами почвы являются: твердость и фрикционные свойства.

Твердость почвы – это способность ее сопротивляться проникновению какого-либо деформатора.

Фрикционные свойства – это такие свойства, из числа которых часто выделяют коэффициент трения скольжения почвы по рабочей поверхности.

Знание физико-механических свойств почвы позволяет путем введения корреляционных коэффициентов определить такие энергетические показатели, как тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины без динамометрирования. В свою очередь, на основе силовой характеристики можно вести прочностной расчет элементов конструкции машины.

Краткое описание конструкции твердомера Ревякина. Определение плотности (твердости) почвы производится приборами, рабочей частью которых является конический или цилиндрический наконечник, устанавливаемый на штоке и погружаемый в исследуемый материал. Для определения твердости почвы применяются приборы различных конструкций. Наиболее совершенными и распространенными из них являются твердомеры В. П. Горячкина, Ю. Ю. Ревякина, И. Ф. Голубева, А. А. Высоцкого и др.

Основным принципом действия этих приборов является регистрация на диаграммную ленту величины сопротивления почвы вдавливанию в нее плунжера в зависимости от глубины погружения.

На рисунке 1.1 приводится схема твердомера конструкции Ю. Ю. Ревякина, на рисунке 1.2 – образец твердограммы почвы.

Данный твердомер имеет основание *1* с площадкой *2* для установки на поверхности почвы. В направляющих основания свободно перемещается телескопический шток *4* рукояткой *3* в верхней части и плунжером *14* в нижней. В центре штока жестко установлен упор *5* для пружин *6*. Пружина верхним концом входит в упор верхней части штока. На кронштейнах *7* и *8* штоков смонтирована система рычагов и тяг для записи величины деформации пружины при вдавливании наконечника в почву. С помощью карандаша *11* производится запись величины деформации на бумажной ленте, экрана *12* закрепленной на вертикальном щитке *13*.

При выполнении лабораторной работы твердость почвы замеряется в почвенном канале в шестикратной повторности.

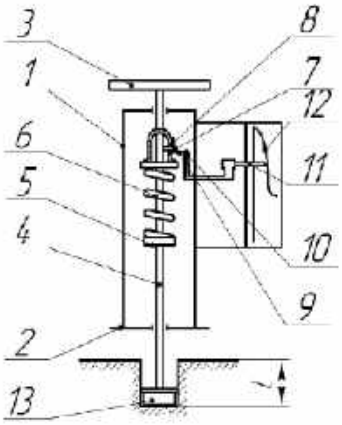


Рис. 1.1. Схема плотномера Ю. Ю. Ревякина:
1 – основание; 2 – опорная площадка; 3 – рукоятка;
4 – телескопический шток; 5 – упор; 6 – пружина; 7, 8 – кронштейны;
9, 10 – рычаги; 11 – карандаши; 12 – экран для бумаги; 13 – плунжера

Таблица 1.1

Индивидуальные задания для расчета тягового сопротивления плуга

№ варианта	Вес плуга, Н	Ширина Захвата, B_p, см	Глубина пахоты, а, см	Средняя твердость почвы, $P_{СР}$, н/см^3	Коэффициент трения, f
1	8500	140(4)	20	Значение берется из результатов обработки плотнограмм	Значение берется из результатов выполнения лабораторной работы
2	9500	160(4)	24		
3	10500	200(5)	22		
4	10900	240(6)	26		
5	11200	300(6)	21		
6	7000	120(4)	23		
7	8000	150(5)	25		
8	10500	225(5)	22		
9	11500	280(7)	26		
10	10000	175(5)	21		
11	9500	200(5)	25		
12	8500	160(4)	28		

Примечание. В скобках указано количество корпусов.

Порядок записи плотнограммы и ее обработка.

1) Подготовить плотномер к работе, для чего снять экран *12*, обтянуть его бумажной лентой и закрепить на корпусе плотномера. Ввернуть карандаш *11* в резьбовое гнездо таким образом, чтобы стержень карандаша находился в контакте с бумажной лентой.

2) Выбрать плунжер и ввернуть его в шток.

3) Установить плотномер опорной площадкой на поверхность почвы.

4) Приложить усилие к рукоятке *3*, внедрить шток с плунжером в исследуемую почву, записать плотнограмму. Образец плотнограммы представлен на рисунке 1.2.

Записать 3 плотнограммы, устанавливая плотномер в разные места исследуемой площади почвы (в канале или в естественных условиях). На плотнограммах отметить характерную точку «А», в которой достигнут предел упругости почвы (дальнейшее внедрение плунжера происходит без значительного нарастания усилия), почва течет.

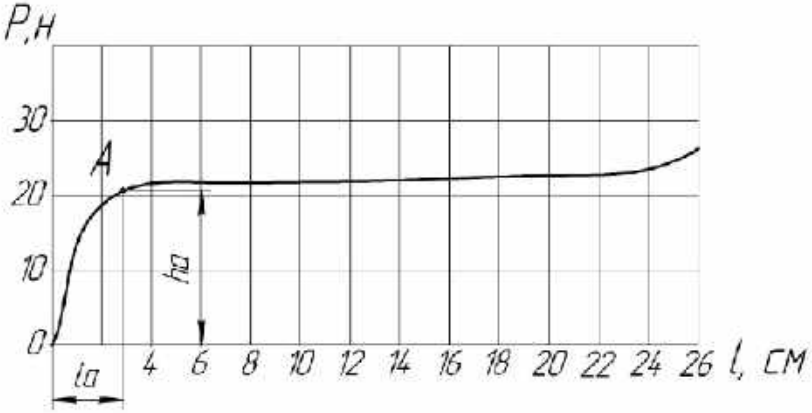


Рис. 1.2. Образец плотнограммы

Глубину погружения плунжера L разбить на равные промежутки с интервалом 1 см. Среднюю величину деформации пружины для каждой плотнограммы подсчитать по формуле

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=k}^{i=k} h}{k}, \qquad (1.1)$$

где h_{cp} – средняя величина ординаты плотнограммы;

h – текущее значение ординаты от i = 1 до i = k;

k – количество интервалов на плотнограмме.

Среднее значение твердости почвы определяется по формуле

$$P_{CPi} = \frac{h_{cp} \cdot \lambda}{F}, \text{ н/см}^3, \qquad (1.2)$$

где P_{cpi} – среднее значение твердости почвы исследуемой плотнограммы;

h_{cp} – средняя величина ординаты исследуемой плотнограммы;

λ – калибр пружины плотномера, Н/мм;

Калибр пружины λ находят по формуле (1.3)

$$\lambda = \frac{N_t}{h_t}, \text{ Н/мм}, \qquad (1.3)$$

F – площадь установленного плунжера, см^2.

где h_t – высота ординаты на плотнограмме точки «А»;

N_i – соответствующее высоте h_i величина усилия, приложенного к рукоятки, Н.

Значения N_i и h_i определяют по тарировочному графику, приведенному на рисунке 1.3.

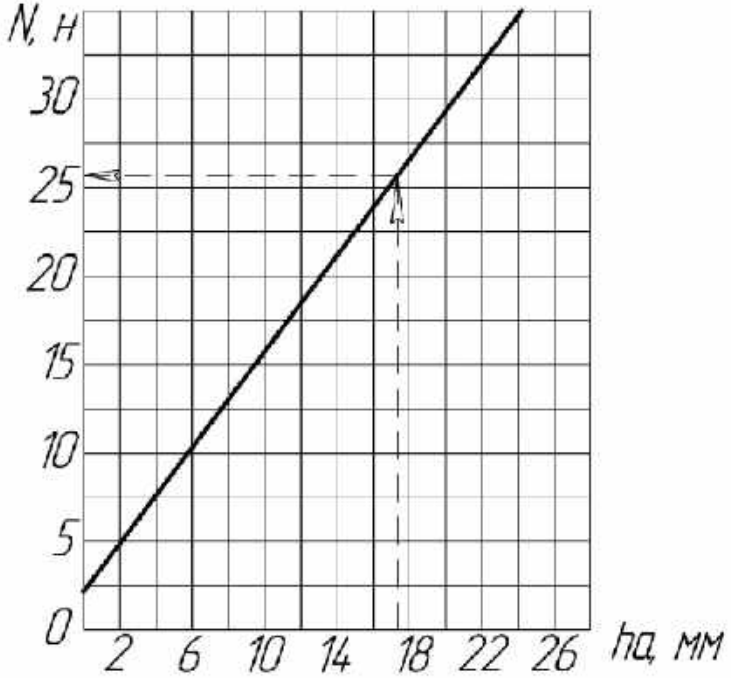


Рис. 1.3. Тарировочный график

Аналогичным образом необходимо обработать все записанные плотнограммы. Затем определить среднее значение твердости почвы по всем записанным плотнограммам.

Среднее значение твердости по исследуемым плотнограммам определяется по формуле

$$P_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{CPi}}{n}, \text{ Н/см}^2, \qquad (1.4)$$

где P_{CPi} – среднее значение твердости почвы i – плотнограммы;

n – количество записанных плотнограмм.

Определить среднеквадратическое отклонение твердости исследуемой почвы по формуле:

$$\sigma_p = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{CP} - P_{cpi})^2}{n-1}}. \qquad (1.5)$$

Полученные результаты обработки плотнограммы свести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Результаты обработки плотнограммы

№ плотно-граммы	Σh, см	K, шт	hi, см	λ	P_{CPi}, Н/см^2	σ_{Pi}, Нм^2	h_{Ai}	l_{Ai}	q_{CPi}, Н/см^3	σ_i, Н/см^3	Примечание
1											
2											
i											
Среднее			hcp, см		P_{CP}, Н/см^2				q_{CP}, Н/см^3		

Коэффициент объемного смятия почвы определяется по формуле

$$q_i = \frac{h_A \cdot \lambda}{F \cdot l_A}, \text{ Н/см}^3, \qquad (1.6)$$

где q_i – коэффициент объемного смятия исследуемой плотнограммы;

h_A – ордината точки «А» исследуемой плотнограммы, мм;

λ – калибр пружины, Н/мм;

F – площадь плунжера;

L_A – глубина погружения плунжера в точке А, мм.

Среднее значение для исследуемых плотнограмм:

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{n}, \text{ Н/см}^3. \qquad (1.7)$$

Среднеквадратическое отклонение коэффициента смятия по исследуемым плотнограммам определяется по формуле

$$\sigma_{\delta} = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(q_{CP} - q_i)^2}{n-1}}, \text{ Н/см}^3. \qquad (1.8)$$

Полученные результаты свести в таблицу 1.1.

Определение коэффициента трения. Коэффициент трения почвы о сталь определяется с помощью лабораторной установки, изображенной на рисунке 1.4.

Установка состоит из сварной рамки *1*, на которой установлен ящик *2* с почвенным монолитом. На почву укладывается стальная пластина *3*, на которой устанавливается замерный груз *4*.

В передней части пластина имеет крючок *5*, на который надевается тросик *6*. Трос перекинут через блок *7* и связан с цилиндрической емкостью *8*, в которую засыпается любой сыпучий груз.

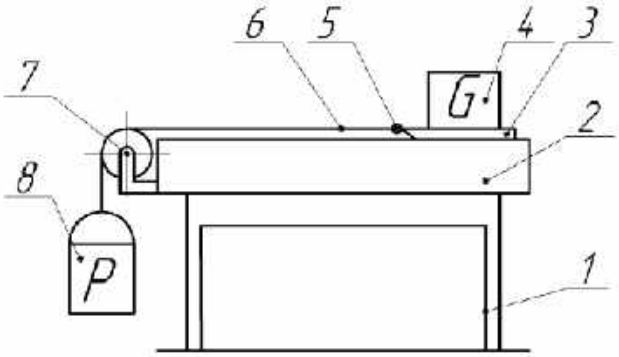


Рис. 1.4. Лабораторная установка для определения коэффициента трения: 1 – стол; 2 – ящик с почвой; 3 – плита; 4 – дополнительный груз; 5 – крючок; 6 – трос; 7 – ролик; 8 – емкость

Порядок определения коэффициента трения. Сила трения определяется по известной формуле

$$F_{тр} = f \cdot N, \text{ Н}, \qquad (1.9)$$

где f – коэффициент трения;

N – сила нормального давления.

В данном случае сила нормального давления определяется весом пластины и установленной на ней гири: $N = P + P_Г$, где P – вес пластины; $P_Г$ – вес гири.

Соединить пластину тросом с подвешенной емкостью. Отметить положение пластины относительно стенки ящика. Медленно заполнять подвешенную емкость сыпучим материалом (песок и т.д.).

Зафиксировать начало движения пластины. Вес емкости вместе с сыпучим материалом будет примерно соответствовать силе трения стали о почву.

Зная силу трения $F_{тр}$ и силу нормального давления N, определим коэффициент трения:

$$f = \frac{F_{тр}}{N}.$$

Повторить опыт 3-4 раза. Результаты опытов занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Результаты опытов по определению коэффициента трения

№ повторности	Вес дополнительного груза, г	Вес пластины, г	Суммарный вес, г	Вес емкости с сыпучим материалом, г	Коэффициент трения f
I					
II					
Среднее					

Далее приводится расчетная схема определения длины полевой доски.

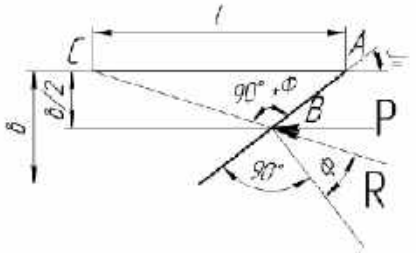


Рис. 1.5. Расчетная схема для определения длины полевой доски

Равнодействующая сил R при движении корпуса плуга отклоняется от нормали N на угол трения φ и линия ее действия должна проходить через конец полевой доски, т.е. через точку «С». Длина

полевой доски L равна стороне АС треугольника АВС. По теореме синусов можно определить сторону АС=L из соотношения:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{\sin(90+\varphi)}{\sin\left[90-(\gamma_0+\varphi)\right]}, \qquad (1.10)$$

$$AC = \frac{АД \cdot \sin(90+\varphi)}{\sin\left[90-(\gamma_0-\varphi)\right]} = \frac{АД \cdot \cos\varphi}{\cos(\gamma_0+\varphi)}.$$

АД определяется из треугольника АВД:

$$AB = \frac{АД}{\sin\gamma_0} = \frac{b}{2\sin\gamma_0}.$$

Длина полевой доски:

$$L = AC = \frac{b \cdot \cos\varphi}{2\sin\gamma_0 \cdot \cos(\gamma_0+\varphi)}, \qquad (1.11)$$

где b – ширина захвата корпуса плуга.

Угол трения φ определяется через коэффициент трения $\varphi = \text{arctg}f$.

Расчет тягового сопротивления плуга. Исследованиями профессора Н. В. Щучкина установлена корреляционная зависимость тягового сопротивления плуга $P_{ПЛ}$ от твердости почвы. Им предложена формула для подсчета сопротивления плуга по значениям твердости:

$$P_{ПЛ} = Gf + m \cdot P_{ср} \cdot a \cdot B_p,$$

где G – сила тяжести плуга, Н;

f – коэффициент трения почвы по металлу;

m – коэффициент корреляции;

a – глубина пахоты, см;

B_p – ширина захвата плуга, см;

$P_{СР}$ – твердость почвы.

Значение коэффициента корреляции по данным профессора Н. В. Щучкина находится в пределах m = 0,012… 0,015.

Выполнить подсчет $P_{ПЛ}$ по полученному значению твердости почвы и значениям G, f, a, B_p – по вариантам (табл. 1.1).

Определение размеров полевой доски. Для заданного варианта расчета тягового сопротивления плуга и полученного значения коэффициента объемного смятия при обработке плотнограмм определить размеры определить размеры полевой доски.

Длина полевой доски определяется по схеме, в которой равнодействующая сила R должна проходить через конец полевой

доски. Расчетная схема для определения длины полевой доски представлена на рисунке 1.5, γ_0 – угол постановки лезвия лемеха к стенке борозды, принимается, $\gamma_0 = (38^\circ \ldots 42^\circ)$. Высота полевой доски определяется с учетом допустимого удельного давления на стенку борозды. Полевая доска устанавливается к стенке борозды под углом δ (рис. 1.6) равным 1°-2°.

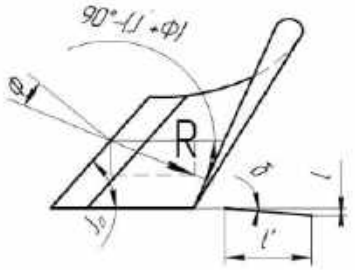


Рис. 1.6. Схема сил и расчетная схема
для определения высоты полевой доски

Допустимая глубина вдавливания конца полевой доски, т.е. глубина смятия почвы не должна превышать 5…10 мм.

Тогда для данной величины смятия почвы, согласно полученным экспериментальным данным значение допустимой величины давления полевой доски R_y можно определить из выражения:

$$[R_y] = q_{CP} V, \text{ Н}, \tag{1.12}$$

где q_{cp} – коэффициент объемного смятия, Н/ см^3;

V – объем сминаемой почвы, см^3.

Поскольку равнодействующая R раскладывается на составляющие R_x и R_y (рис. 1.6), боковую составляющую можно определить из выражения:

$$R_y = R\cos(\gamma_0 + \varphi). \tag{1.13}$$

Длина полевой доски, которая вдавливается в стенку борозды L, определяется из прямоугольного треугольника со сторонами и углом

$$L' = \frac{l}{\sin\delta}, \text{ см}. \tag{1.14}$$

Площадь опоры полевой доски на стенку борозды определяется:

$$F = HL' = \frac{H \cdot l}{\sin\delta}, \text{ см}^2,$$

где H – высота полевой доски, см;

L –длина вдавленной части полевой доски, см;

ℓ –допустимая глубина вдавливания конца полевой доски, 5…10 мм.

Объем сминаемой почвы определяется из выражения:

$$V = \frac{1}{2} HL'l \text{, см}^3. \tag{1.15}$$

Тогда

$$\left[R_y\right] = \frac{1}{2} q_{CP} HL'l \text{, Н.} \tag{1.16}$$

Решим уравнение 1.16 относительно Н:

$$H = \frac{2R_y}{q_{CP} \cdot L' \cdot l} \text{, см.} \tag{1.17}$$

Подставив значения $R_y = \frac{R_x}{tg(\gamma_0 + y)}$ и $L' = \frac{l}{\sin\delta}$ в уравнение 1.17, получим:

$$H = \frac{2R_x \cdot \sin\delta}{q_{CP} \cdot l^2 \cdot tg(\gamma_0 + \varphi)}. \tag{1.18}$$

Так как сопротивление плуга $P_{пл}$ равно R_x, получим:

$$H = \frac{(G \cdot f + m \cdot P_{CP} \cdot a \cdot B_p) 2\sin\delta}{q_{CP} \cdot l^2 \cdot tg(\gamma_0 + \varphi)} \text{, см.} \tag{1.19}$$

Угол трения определяется из значения коэффициента трения, полученного экспериментально: $f = \text{tg}\varphi$; $\varphi = \text{arctg} f$.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание экспериментальной установки, приборов и оборудования, используемых при выполнении работы.
3. Методика проведения опытов и результаты обработки полученных данных.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов и расчет тягового сопротивления плуга с использованием результатов эксперимента и варианта задания).

Контрольные вопросы

1. Из каких основных единиц состоит плотномер Ю.Ю. Ревякина?

2. Как определить площадь плунжера на плотномере?

3. Как определить калибр пружины на плотномере?

4.Как определить коэффициент трения?

5. Какие показатели нужны при расчете тягового сопротивления плуга?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
Технологический расчет культиватора

Цель работы: *спроектировать прицепной культиватор для сплошной обработки почвы и определить его сменную производительность и тяговое сопротивление согласно исходным данным, приведенным в таблице 2.1.*

Приборы и оборудование: Стрельчатая лапа культиватора.

Определение расстояния между рядами лап. Лапы культиватора расставляются из условия отсутствия наложения плоскостей скалывания сзади идущих лап на впереди идущие, и отсутствия наложения плоскостей скалывания соседних лап, установленных в одном ряду. В случае наложения плоскостей скалывания происходит сгруживание почвы, приводящее к забиванию культиватора почвой и сорняками.

Расстояние между рядами лап (рис. 2.1) складывается из двух величин ℓ_1 и ℓ, где ℓ_1 – вылет носка лапы относительно стойки (конструктивный размер, он задан); ℓ – длина проекции плоскости скалывания на поверхность поля.

Длина проекции плоскости скалывания на поверхность поля определяется из треугольника nkm:

$$\ell = h \times tg(\alpha + \varphi), \qquad (2.1)$$

где h – глубина культивации;

α – угол постановки крыла лапы борозды в продольно-вертикальной плоскости;

φ – угол трения почвы о металл.

Тогда предельно допустимое расстояние между рядами лап будет равно:

$$C = \ell + \ell_1 = h \times tg(\alpha + \varphi) + \ell_1. \qquad (2.2)$$

Расстояние между лапами в ряду B (рис. 2.1) минимально допустимое, будет равно ширине плоскости скалывания A, которая определяется как сумма ширины захвата лапы «a» и суммы двух отрезков (3-4) и (5-6).

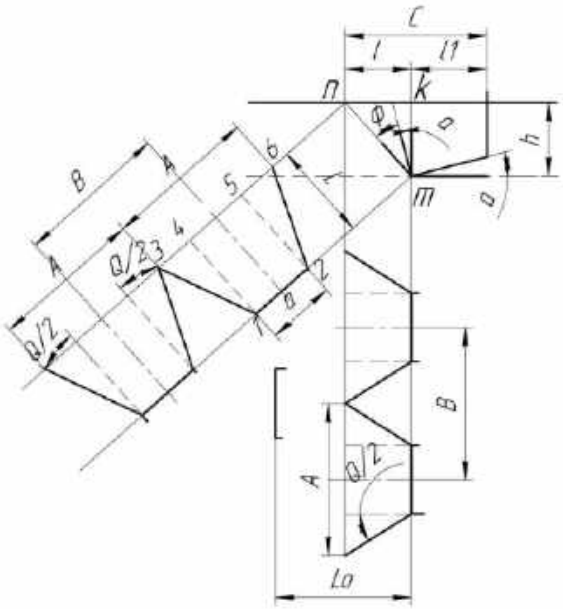


Рис. 2.1. Расстановка лап на раме культиватора

Отрезки (3-4) и (5-6) равны, следовательно, ширина плоскости скалывания A будет равна:

$$A = a + 2L \cdot tg\frac{Q}{2}, \tag{2.3}$$

где L – длина плоскости скалывания в вертикальной плоскости.

$$L = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)}, \tag{2.4}$$

где Q – угол наклона плоскости скалывания, принимается равным 45°.

Таблица 2.1

Исходные данные для проектирования культиватора

№ п/п	Ширина захвата лапы	Угол постановки лапы	Угол трения корней растений о лезвие лапы	Угол трения почвы о металл	Угол плоскостей касательных напряжений	Коэффициент сопротивления качению	Удельная масса культиватора	Удельное сопротивление почвы	Глубина рыхления	Вылет стойки лапы	Ширина захвата культиватора
	a, см	α, град	φ', град	φ, град	Θ, град	f	q, кг/м	K, кН/м^2	h, см	l_1, мм	B_0, м
1	27	18	30	23	40	0,48	190	17	8	230	4
2	30	19	32	24	42	0,42	210	16	9	250	5
3	33	20	34	25	44	0,44	200	17	10	260	6
4	32	21	36	26	46	0,46	210	18	9	240	5
5	27	22	38	27	48	0,48	200	19	10	250	4
6	33	21	40	28	47	0,50	210	20	9	260	6
7	30	20	39	29	49	0,52	190	18	8	240	5
8	27	19	37	30	47	0,54	210	17	9	260	4
9	33	18	35	29	45	0,56	200	16	10	250	5
10	22	19	33	28	43	0,58	210	15	9	240	6
11	27	20	31	27	41	0,60	190	16	8	260	5
12	33	19	30	26	44	0,55	210	15	9	250	4
13	25	18	34	25	46	0,53	200	17	10	240	6
14	27	20	35	24	48	0,47	210	18	9	260	5
15	33	22	39	23	44	0,47	190	19	8	250	6

По заданной ширине захвата культиватора определяется число лап первого ряда $Л_1$:

$$Л_1 = \frac{B_0}{B} = \frac{B_0}{A},$$

где B_0 – ширина захвата культиватора, м.

Число лап второго ряда на одну лапу меньше первого: $Л_2 = Л_1 - 1$.

Величина перекрытия лап первого и второго рядов $\Delta a = a - \frac{A}{2}$.

При поводковом креплении лап величина перекрытия должна находиться в пределах 60…70 мм. В случае если величина перекрытия Δа меньше указанных пределов, или вообще отсутствует, следует расставить лапы в три ряда. В этом случае лапы в первом ряду расставляются с условием B>A, но на такую величину, при которой перекрытие лап второго и третьего рядов будет в пределах агротехнических требований.

Необходимое расстояние между лапами в первом ряду можно определить по формуле

$$B' = 2(a - \Delta a). \qquad (2.6)$$

Уточнить число лап в первом ряду $Л_1'$

$$Л_1' = \frac{B_0}{B'}.$$

Число лап во втором ряду $Л_2'$ и в третьем $Л_3'$ находятся по формулам:

$$Л_2' = Л_1' - 1; \quad Л_3 = Л_2 - 1. \qquad (2.7)$$

Общее число лап на проектируемом культиваторе определяется как сумма лап всех трех рядов.

Определить тяговое сопротивление культиватора, для чего вычертить схему, приложить все силы и найти их величину. При этом следует учесть, что тяговое сопротивление лап первого ряда при двухрядном их размещении в два ряда выше сопротивления лап второго ряда. Аналогичная картина имеет место и при трехрядном размещении лап, а именно:

- сопротивление лап первого ряда Px_1;
- сопротивление лап второго ряда $P_{X2} = 0{,}75P_X$;
- сопротивление лап третьего ряда $P_{X3} = 0{,}5P_X$.

Это объясняется тем, что лапы первого ряда идут в необработанной почве, второго – с одной стороны разрыхлена, что облегчает скалывание пласта со стороны обработанной почвы, лапы третьего ряда идут по ленте, с обеих сторон которой почва обработана.

Тяговое сопротивление лапы Px_1 первого ряда можно определить по формуле В. П. Горячкина:

$$P_{x_1} = Л_1 1{,}1 \cdot k \cdot a \cdot h, \qquad (2.8)$$

где k– удельное сопротивление почвы, кн/м^2;

a – ширина захвата лапы, см;

h – глубина рыхления, см.

Сопротивление лап второго ряда равно:

$$P_{x_2} = 0{,}75Л_2(1{,}1kha) \text{ или } P_{x_2} = 0Л_2(0{,}82kha)$$

Общее тяговое сопротивление культиватора при двухрядном размещении лап на раме равно:

$$P_X = Gf + kah(1{,}1Л_1 + 0{,}82Л_2), \qquad (2.9)$$

где f – коэффициент сопротивления качению.

Вес культиватора равен $G = q \times B$,

где q – удельная масса, кг/м;

B – ширина захвата культиватора, м

Общее тяговое сопротивление культиватора при трехрядном размещении лап равно

$$P_X = Gf + kah(1{,}1Л_1 + 0{,}82Л_2 + 0{,}55Л_3). \qquad (2.10)$$

Сменная производительность агрегата на сплошной культивации

$$W_{см} = 0{,}1B_P V_P T \tau k_1, \qquad (2.11)$$

где B_p – конструктивная ширина захвата культиватора, м;

V_p – рабочая скорость, км/ч (до 10 км/ч)

T – время смены, принимается 7 ч;

τ – коэффициент использования времени смены (на культивации принимается 0,7…0,8);

k_1 – коэффициент использования конструктивной ширины захвата, $k_1 = 0{,}94…0{,}96$.

Скорость движения агрегата определяется по тяговому сопротивлению культиватора *Px* из условия запаса крюкового усилия, т.е. 0,93 $P_{кр}$ на различных передачах:

- передача 1: V_1 = 2,50 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 2: V_2 = 4,25 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 3: V_3 = 7,24 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 4: V_4 = 8,90 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 5: V_5 = 10,54 км/ч; $P_{кр}$=11,5 кН;
- передача 6: V_6 = 12,33 км/ч; $P_{кр}$=9,5 кН;
- передача 7: V_7 = 15,15 км/ч; $P_{кр}$=7,5 кН;
- передача 8: V_8 = 17,95 км/ч; $P_{кр}$=6,0 кН.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные проектируемого культиватора.
3. Схема расстановки лап культиватора согласно расчетам.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, приведен расчет тягового сопротивления спроектированного культиватора и производительность агрегата с трактором МТЗ-82).

Контрольные вопросы

1. Чему равна длина проекции плоскости скалывания на поверхности?
2. Как определить количество рядов лап на культиваторе?
3. Как определить сменную производительность агрегата?
4. Как определить расстояние между лапами в ряду?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
Определение основных параметров мотовила

Цель работы: определить основные параметры мотовила по исходным данным согласно варианту задания.

Приборы и оборудование: лабораторная установка для записи траектории движения планки мотовила; лист чистой бумаги размером 1200×450; линейка 400 мм; калькулятор.

Описание лабораторной установки. Лабораторная установка (рис. 3.1) состоит из станины *1*, на которой жестко закреплена рама *2*, по горизонтальным уголкам которой перемещается каретка *4*, опирающаяся на уголки рамки роликами *3*.

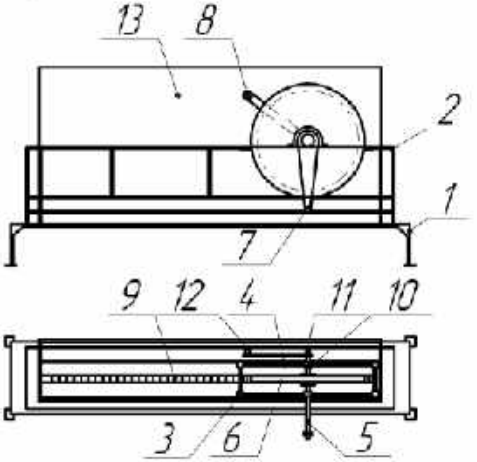


Рис. 3.1. Схема лабораторной установки

На каретке *4* закреплен вал *5*, звездочка *6* и рукоятка *7*. В торце вала *5* в специальном патроне *11* устанавливается карандаш, вычерчивающий линию движения оси вала *5*. На противоположном конце вала *5*, на рукоятке *7* установлен кривошип *8*, в котором по продольной прорези может перемещаться патрон *12* для карандаша. Траектория движения патрона *12* имитирует движение планки мотовила с радиусом, равным величине кривошипа.

Лабораторная установка работает следующим образом: звездочка *6*, находящаяся в постоянном зацеплении с цепью *9*, размещенной горизонтально на раме *2*, обеспечивает поступательное движение каретки *4*. Кривошип *8*, закрепленный на валу *5*, с патроном *12* для карандаша при вращении рукоятки *7* описывает траекторию движения планки мотовила, как результат сложения относительного (вращательного) движения планки мотовила и переносного (поступательного) движения оси мотовила. Запись траектории движения планки мотовила производится на листе бумаги, закрепленной на экране *13*.

Запись траектории движения планки мотовила. Мотовило предназначено для подвода стеблей к режущему аппарату, поддержания в момент среза и укладывания на транспортер жатки.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета мотовила

№ варианта	Значение радиусов кулисы, мм			Число планок мотовила Z	Высота растений	Высота стерни
	R1	R2	R3		L, см	h, см
1	75	100	140	4	50	12
2	77	100	145	5	60	14
3	79	100	150	6	70	16
4	81	100	155	4	80	18
5	83	100	160	5	90	20
6	86	100	165	6	100	22
7	87	100	170	4	95	19
8	89	100	175	5	85	17
9	91	100	180	6	75	15
10	93	100	185	4	65	13
11	92	100	190	5	55	11
12	90	100	195	6	58	12
13	88	100	192	4	68	18
14	86	100	187	5	78	21
15	84	100	177	6	88	16
16	82	100	172	4	98	15
17	80	100	167	5	92	14
18	78	100	162	6	84	17
19	76	100	157	4	76	15
20	80	100	182	5	72	13

Для обеспечения подвода стеблей к режущему аппарату окружная скорость планки мотовила должна быть больше поступательной скорости движения машины. Отношение окружной скорости движения планки мотовила к поступательной скорости движения машины называется кинематическим показателем работы мотовила.

$$\lambda = \frac{U_{ок}}{\upsilon_{м}}. \qquad (3.1)$$

На практике величина λ принимается равной 1,3-1,9. Причем с увеличением скорости машины его величина уменьшается.

По исходным данным, согласно варианту задания, выбрать два значения радиуса кривошипа R_1 и R_3 (табл. 3.1).

Установив поочередно R_1 и R_3 на кулисе кривошипа, записать траектории движения планки мотовила при $\frac{R_1}{R_2} = \lambda_1$ и $\frac{R_3}{R_2} = \lambda_2$.

В первом случае $\lambda_1 < 1$, во втором $\lambda_2 > 1$.

Затем установить радиус кривошипа равный радиусу звездочки R_2 и записать третью траекторию, где $\lambda = 1$.

Анализируя полученные траектории, видно, что планка мотовила выполняет свои функции только при $\lambda > 1$. При $\lambda < 1$ планка мотовила отталкивает стебли от режущего аппарата, а при $\lambda=1$ планка мотовила не оказывает никакого воздействия на стебли.

Определение радиуса мотовила. Для нормальной работы мотовила необходимо, чтобы планка в момент подвода стеблей к режущему аппарату соприкасалась со стеблями выше центра тяжести срезанного стебля.

Во время работы планка мотовила должна касаться срезанного стебля на высоте 1/3 длины срезанного стебля, измеряя от вершины колоса.

Тогда радиус мотовила можно определить из выражения:

$$R - \frac{R}{\lambda} = \frac{l}{3} \qquad (3.2)$$

или

$$R = \frac{l}{3(1 - \frac{1}{\lambda})},$$

где l – длина срезанного стебля:

$$l = L - h, \qquad (3.3)$$

где L – высота растений;

h – высота стерни (среза);

R – радиус мотовила; (рис. 3.2)

$\frac{R}{\lambda}$ – координата точки A – точки начала входа планки мотовила в хлебную массу.

Пример: при L = 90 см, h = 16 см, λ = 1,6 находим:

$$R = \frac{90-16}{3(1-\frac{1}{1,6})} = \frac{74}{3 \cdot 0,375} = \frac{74}{1,125} = 65 \text{ см}.$$

По найденному радиусу от записанной траектории движения планки мотовила

$$M = \frac{R}{R_3} = \frac{65}{16} = 4.$$

В найденном масштабе на построенной траектории от точки A вниз на высоту растений нанести линию поверхности поля, а от нее высоту стерни h и срезаемые стебли.

Определение шага мотовила. Если задано число планок мотовила, то путь, проходимый машиной за время последовательного погружения в хлебную массу очередной планки определяется по формуле

$$X_z = \frac{S}{Z} = \frac{2\pi R}{\lambda \cdot Z}, \qquad (3.4)$$

где X_z – шаг мотовила;

S – путь, пройденный машиной за один оборот мотовила;

λ – кинематический показатель режима работы мотовила;

Z – число планок мотовила.

Определение максимального выноса мотовила вперед. Полезная работа мотовила при срезании стеблей осуществляется в том случае, когда стебли, захваченные планкой, будут удерживаться до момента их срезания.

Находящийся под действием планки стебель отклоняется навстречу машине, описывая в продольно-вертикальной плоскости кривую, форма которой зависит от упругости стебля и прочности закрепления его в почве (рис. 3.2).

Вопрос об условиях, обеспечивающих отсутствие выскальзывания стеблей из-под планки, может быть решен только приближенно, исходя из предположения, что кривая А-В является дугой окружности, описанной из точки m радиусом, равным дине стеблей L.

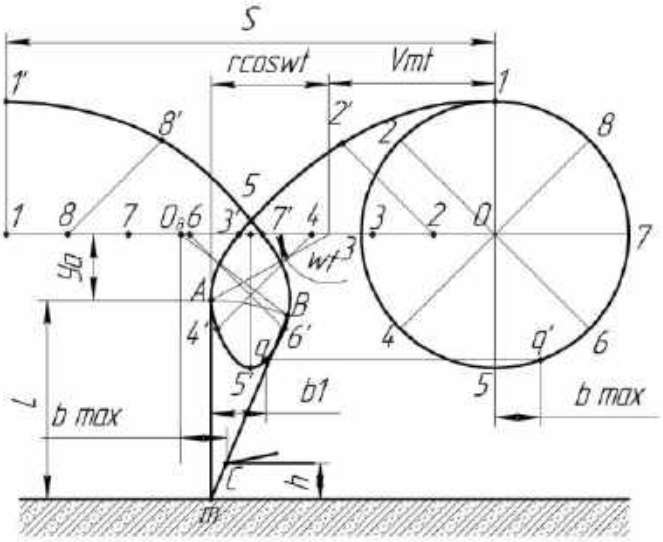


Рис. 3.2 Схема определения выноса и степени воздействия мотовила на стебли

Точка B определяет момент выскакивания стеблей из-под планки.

Для нахождения положения оси мотовила, соответствующего этому моменту, необходимо из точки B радиусом R сделать засечку на линии движения оси. Это и будет искомая точка O_B.

После этого момента планка больше не поддерживает стебель, и он возвращается в первоначальное положение. Такое явление указывает на неправильный вынос мотовила вперед, при котором нож движется с большим отставанием от оси мотовила и потому не срезает стебли, еще находящиеся под воздействием планки.

Максимальный вынос оси мотовила по отношению к ножу должен быть вполне определенным и не превышать некоторую допустимую величину b_{max}. Для ее нахождения соединяют точки m и B, затем проводят горизонтальную линию, отстоящую от поверхности поля на величину h, равную величине установки ножа над уровнем поля. Пересечение этих линий обозначают точкой C.

Искомый вынос b_{max} графически определяется расстоянием между вертикалями, проведенными через точки $O_B A$ и $\underline{C}$.

Абсолютная величина выноса мотовила будет: $b_{max} = b_{max} \times M$, где M – масштаб построения.

Определение степени воздействия мотовила. Степенью воздействия мотовила называют величину отношения количества стеблей, срезаемых при содействии планок, к общему количеству стеблей, срезаемых ножом.

Ширина захвата мотовила и ножа одинакова, стебли распределяются по полю более или менее равномерно. Поэтому, вместо количества стеблей можно учитывать соответствующее значение перемещение машины. Так как одна планка содействует срезанию стеблей на участке пути подведения $в_1$ (рис. 3.2), а машина за это время проходит путь X_z, то степень воздействия мотовила будет

$$\eta = \frac{в_1}{X_z}.$$

Для получения величины пути подведения $в_1$ необходимо от вертикали, проведенной через O_1 начального положения оси мотовила, вправо откладывают значения b_{max}, см выноса оси мотовила вперед (в соответствующем масштабе) и проводят вторую вертикаль, которая пересечет относительную траекторию (окружность) в точке q'. Отрезок соответствует положению луча мотовила, при котором планка заканчивает подвод стеблей к режущему аппарату. На абсолютной траектории движении планки (петле трохоиды) это положение луча определится точкой q, полученной пересечением горизонтали, проведенной через точку q' с петлей трохоиды.

Расстояние между вертикалями, проведенными через точки m и q трохоиды в масштабе построения, дает искомую величину $в_1$.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Определить масштаб полученной траектории по заданной траектории движения планки мотовила. Графически определить величину выноса мотовила и степень воздействия мотовила на срезаемые стебли.
3. Заключение (должны быть отражены полученные основные параметры мотовила).

Контрольные вопросы

1. Что такое кинематический показатель работы мотовила?
2. Как определить максимальный вынос оси мотовила?
3. Как графически определить шаг мотовила?
4. Как определить КПД мотовила?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
Исследование катушечного высевающего аппарата и технологический расчет зерновой сеялки

Цель работы: изучить теоретические основы катушечного высевающего аппарата и произвести технологический расчет сеялки СЗ-5,4.

Приборы и оборудование: лабораторная установка катушечного высевающего аппарата; весы с ценой деления 0,01 кг; металлическая линейка; набор гаечных ключей.

Основы теории катушечного высевающего аппарата. Катушечный высевающий аппарат осуществляет высев семян периодическим выбросом в семяпровод желобками катушки и за счет движения активного слоя семян, увлекаемых ребрами катушки посредством силы трения. При проектировании катушечного высевающего аппарата исходят из условия равенства фактического объема высеваемых семян катушкой и расчетного объема семян, определенного агротребованиями

$$V_{\phi} = V_{p}, \tag{4.1}$$

где V_{ϕ} – фактический объем, см^3;

V_p – расчетный объем семян.

Фактический объем высеваемых семян определяется через вес семян, высеянных за один оборот катушки и объемный вес семян высеваемой культуры.

$$V_{\phi} = Q / \gamma, \tag{4.2}$$

где Q – вес семян высеянных за 1 оборот катушки, г;

γ – объемный вес семян высеваемой культуры, г/см^3.

Вес семян высеянных за 1 оборот катушки определяется при работе экспериментальной установки.

Фактический объем семян складывается их двух объемов:

$$V_{\phi} = V_{ж} + V_{a.c.}, \tag{4.3}$$

где $V_ж$ – объем семян, высеваемый желобками катушки, см^3;

$V_{а.с.}$ – объем семян, высеваемых активным слоем, см^3.

Объем семян, высеваемых желобками, определяется:

$$V_ж = F_ж \cdot Z \cdot L_ж \cdot \psi, \quad (4.4)$$

где $F_ж$ – площадь поперечного сечения желобка, установленных катушек, $F_ж$ = 47,5 мм^2;

$L_ж$ – рабочая длина желобка, мм;

Ψ – коэффициент заполнения желобков, примем 0,96.

Число желобков определятся через диаметр катушки

$$Z = \frac{\pi d}{t}, \quad (4.5)$$

где d – диаметр катушки, мм; у стандартных катушек d = 50 мм.

t – шаг желобков, мм, у стандартных катушек t = 13,3 мм.

Подставим (4.5) в (4.4) получим

$$V_ж = F_ж \cdot \frac{\pi d}{t} \cdot L_ж \cdot \psi. \quad (4.6)$$

Объем семян, высеваемых активным слоем, определяется по формуле

$$V_{а.с.} = \pi d C_0 \cdot L_ж, \text{ см}^3, \quad (4.7)$$

где d – диаметр катушки, мм;

C_0 – толщина активного слоя, мм;

$L_ж$ – длина желоба (катушки), мм.

Толщину активного слоя можно определить по эмпирической формуле предложенной профессором М. Н. Летошневым:

$$C_0 = a + bL, \quad (4.8)$$

где a и b – эмпирические коэффициенты:

- для ржи a = 1,5; b = 0,03;
- для пшеницы a = 1,7; b = 0,02.

Тогда фактический объем высеваемых семян будет равен

$$V_ж = F_ж \cdot \pi d / t \cdot L_ж \cdot C_0 \cdot L_ж$$

или

$$V_ф = L_ж \pi \cdot d\left(\frac{F_ж \psi}{t} + C_0\right). \quad (4.9)$$

Расчетный объем семян определяется через заданную норму высева (кг/га), ширину междурядий, вес тысячи семян, передаточное отношение от опорно-приводного колеса к катушке высевающего аппарата.

Количество семян q_1, которое должно быть высеяно на одном погонном метре рядка, определяется по формуле

$$q_1 = \frac{Ma}{1000}, \text{ г/м}, \tag{4.10}$$

где M – заданная норма высева семян, кг/га;

a – ширина междурядья, см.

За один оборот опорно-приводного колеса должно быть высеяно $q_1 \pi D$, а за 1 оборот катушки высевающего аппарата в i раз меньше, то есть:

$$Q = \frac{q_1 \pi \cdot D}{1000 \cdot i}, \tag{4.11}$$

где i – передаточное число от опорно-приводного колеса на вал катушек;

D – диаметр опорно-приводного колеса.

Зная объемную массу высеваемых семян, определяем объем семян, который должен быть высеян за один оборот катушки:

$$V_a = \frac{Q}{\gamma} = \frac{Ma\pi D}{1000 \cdot i\gamma \cdot d \cdot (\frac{F_ж \cdot \psi}{t} + C_0)}. \tag{4.12}$$

Таблица 4.1

Варианты заданий для технологического расчета сеялки

Показатели	Варианты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число растений n на 1 га, млн.шт.	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,4	4,6	4,8	4,9	4,6	4,4
Вес 1000 зерен k, г	32	35	37	36	35	34	33	32	34	36	34	32
Полевая всхожесть семян M, %	96	94	92	94	93	96	93	92	92	93	92	91
Объемная масса зерна γ, кг/м^3	770	760	750	740	730	720	710	780	770	760	750	780
Скольжение колес сеялки δ, %	5	6	4	5	6	5	4	6	5	4	5	6
Длина гона $L_г$, тыс. м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,9

Устройство лабораторной установки. Основанием установки служит рама, изготовленная из уголка. На раме установлен редуктор, который получает вращение от электродвигателя. На выходном валу червячного редуктора устанавливается косозубая шестерня, передающая вращение на большую косозубую шестерню, а от нее через три взаимно переставляемые шестерни идет передача на вал высевающего аппарата. Промежуточная шестерня закреплена на качалке, что позволяет обеспечить передачу при установке шестерен любого диаметра. Для обеспечения больших вариантов передаточных чисел, шестерни являются сменными. Комплект сменных шестерен закреплен на консольном валу в кронштейне.

На верхней части боковой крышки редуктора, на специальной плите, закрепляется высевающий аппарат и бункер для зерна. Стенка семенного бункера и высевающего аппарата, а также розетка, выполнены из прозрачного материала.

Катушка высевающего аппарата закреплена на валике и, за счет винтового устройства, ее вместе с приводным квадратным валиком можно перемещать в осевом направлении.

Поток семян, выбрасываемый высевающим аппаратом, поступает на направитель и высыпается в ящик. Установка имеет два ящика, что позволяет более точно выполнять замер количества высеваемых семян за определенное число оборотов катушки.

Если учесть, что число ходов червяка редуктора К = 7, а число зубьев червячного колеса $Z_{ч.к}$=110, то редуктор имеет передаточное число $i_{ред}$= 0,062. На установке смонтирован электродвигатель с числом оборотов $n_{дв}$= 2780 мин$^{-1}$. Учитывая передаточное число редуктора, число оборотов выходного вала редуктора равно 1723 мин$^{-1}$.

Поскольку сменные шестерни имеют разное число зубьев, возможные числа зубьев, возможные числа оборотов катушки высевающего аппарата приведены в таблице 4.2.

Определение зависимости толщины активного слоя семян от изменения рабочей длины катушки и ее окружной скорости.

После знакомства с лабораторной установкой рекомендуется установить шестерни Z_1 = 50 и Z_2 = 76, что обеспечит минимальные обороты катушки, засыпать семена в бункер, полностью задвинуть катушку в семенную коробку, подставить ящики для сбора зерна и включить электромотор. Пронаблюдать через прозрачную стенку за

технологическим процессом работы катушечного высевающего аппарата и убедиться в наличии активного слоя семян.

Получить от преподавателя варианты чисел оборотов катушки и ее рабочей длины для выполнения исследования. Целесообразно выполнять исследования изменения толщины активного слоя семян и общего объема от изменения рабочей длины при постоянном числе оборотов и наоборот, изменения числа оборотов при постоянной длине катушки.

Определить влияние изменения длины рабочей части на величину высева семян и толщину активного слоя. Для этого установить одно из заданных чисел оборотов катушки, поставить нижний предел рабочей длины, освободить ящики от зерна. Включить

Таблица 4.2

Возможные режимы работы лабораторной установки

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ведущая Z1	50	50	50	66	66	66	70	70	70	76	76
Ведомая Z2	66	70	76	50	70	76	50	66	76	66	70
Число оборотов катушки n_2, $мин^{-1}$,	13,5	12,13	11, 33	22,7	16,24	14,96	24,12	18,27	15,86	19,84	18,7

Таблица 4.3

Возможные передаточные отношения у сеялки СЗ-5,4

Режимы	1	2	3	4
i_n	0,125	0,269	0,388	1,838
Рекомендуемая культура	Просо	Пшеница, гречиха	Пшеница, ячмень, рожь	Овес

электромотор, убедиться в нормальном рабочем режиме установки и затем, перебросив направитель, собрать в другой ящик семена за 10 оборотов катушки. Повторить подобные операции для других заданных значений рабочей длины, сохраняя число оборотов.

Результаты занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Значения экспериментальных параметров при изменении L

№ п/п	Высеваемая культура	Число оборотов катушки n_2, мин$^{-1}$	Длина рабочей части катушки L, мм	Высев семян за 10 оборотов катушки q′, г	Высев семян за 1 оборот катушки q, г
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Определить влияние изменения окружной скорости катушки на величину высева семян и толщину активного слоя при постоянной длине катушки. Для этого устанавливается одно из заданных значений рабочей длины катушки.

Сначала устанавливается нижний предел из заданного числа оборотов катушки в минуту, а затем все последующие. Операции по определению толщины активного слоя семян и высева выполняют, как указывалось выше.

Результаты замеров занести в таблицу 4.5.

Таблица 4.5

Значения экспериментальных параметров при изменении n_2

№ п/п	Высеваемая культура	Число оборотов катушки n_2, мин$^{-1}$	Длина рабочей части катушки L, мм	Высев семян за 10 оборотов катушки q′, г	Высев семян за 1 оборот катушки q, г
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Обработка результатов экспериментальных исследований. Полученные данные экспериментальных исследований позволяют построить графики зависимости объема высеваемых семян от рабочей длины катушки и от частоты вращения.

Площадь одного желобка равна $F_{эс} = 47{,}5$ мм^2.

Катушка имеет 12 желобков, поэтому общая площадь всех желобков равна $F_{ж} = 47{,}5 \times 12 = 570$ мм^2

Объем семян, высеваемых за 1 оборот катушки желобками, вычисляется:

$$V_{ж} = F_{ж} \times L_{ж}, \text{ см}^3. \quad (4.13)$$

Объем семян, высеваемых за счет активного слоя, определяется как разность общего объема желобков, т.е.:

$$V_{ак} = V_{ф} - V_{ж}, \quad (4.14)$$

где $V_{ф}$ – общий объем семян, высеваемых за 1 оборот катушки, равный $V_{ф} = q/\gamma$ см^3. Значения γ (кг/м^3) для некоторых культур приведены ниже: пшеница озимая – 753…808, пшеница яровая – 700…813, рожь – 700…760, овес – 404…565, ячмень – 534…678, горох – 780…800, гречиха – 640…700, просо – 660…850.

Толщина активного слоя семян подсчитывается по формуле

$$t = \frac{V_{акт}}{L \cdot \pi \cdot d}. \quad (4.15)$$

Данные расчетов и замеров $V_{ак}$, $V_{ф}$, $V_{ж}$ и толщину активного слоя необходимо свести в таблицу 4.6.

По данным таблицы 4.6 построить графики изменения объемов $V_{ак}$, $V_{ф}$, $V_{ж}$ семян при изменении рабочей длины L (мм) и ее частоты вращения n (мин$^{-1}$).

Таблица 4.6

Значения экспериментальных параметров

№ опыта	Число оборотов катушки, n_2	Рабочая длина катушки L, мм	Высеяно семян за 1 оборот катушки				Толщина активного слоя t, см
			q, г	$V_{ф}$, см^3	$V_{ж}$, см^3	$V_{акт}$, см^3	
1	2	3	4	5	6	7	8
2							
3							
4							
5							
6							

Технологический расчет сеялки. Расчет необходимой нормы высева, передаточного отношения привода необходимой рабочей длины катушки, производительности агрегата с трактором МТЗ-82 следует выполнить по следующей методике, принимая данные по своему варианту (табл. 4.1).

1) Определить норму высева пшеницы Q (кг/га) по заданному числу растений на одном гектаре, при котором возможен наиболее высокий урожай по формуле

$$Q = \frac{nk}{1000 \cdot 1000 \cdot m(1-\sigma)}, \text{ кг/га,} \qquad (4.16)$$

где n – заданное число растений на 1 га, млн.шт. (табл. 4.1);

$к$ – вес 1000 зерен, г;

m – коэффициент, учитывающий полевую всхожесть семян, % (при всхожести 90% m = 0,9);

δ – коэффициент скольжения приводных колес сеялки, %.

Например, по 1 варианту:

$$Q = \frac{4000000 \cdot 40}{1000 \cdot 1000 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}96} = 185, \text{ кг/га.}$$

2) Определить число оборотов колеса сеялки при посеве одного гектара:

$$n_{кол} = \frac{10000(1-\sigma)}{B \cdot \pi \cdot D}. \qquad (4.17)$$

3) Определить количество семян, высеваемых за один оборот катушки при максимальной ее рабочей длине:

$$q = V_{\phi} \cdot \gamma, \text{ кг/об.,} \qquad (4.18)$$

где V_{ϕ} – общий объем семян, высеваемых за один оборот катушки.

Значение V_{ϕ} подсчитывается по формуле (4.14). Для конкретной культуры следует принять q, найденный экспериментальным путем (табл. 4.6).

4) Определить необходимое число оборотов катушки при посеве одного гектара для рассчитанной нормы высева Q (кг/га):

$$n_{кат} = \frac{Q}{Z_c \cdot q}, \qquad (4.19)$$

где Zc – число сошников (число высевающих аппаратов принять равным 24).

5) Определить передаточное отношение i_p от ведущего колеса к высевающим аппаратам:

$$i_p = \frac{n_{кат}}{n_{кол}}. \qquad (4.20)$$

6) Определить рабочую длину катушки при фактическом $i_ф$, имеющемся на сеялке СЗ-5,4 передаточном отношений, а не расчетном $i_р$, при котором принята максимальная рабочая длина катушки, равная 30 мм у сеялки СЗ-5,4.

По таблице 4.3 принять ближайшее $i_ф$ к расчетному $i_р$, но более низкое значение, чтобы обеспечить заданную норму высева.

$$L_{РАБ} = \frac{i_ф 30}{i_р}, \text{ мм.} \qquad (4.21)$$

7) Определить необходимый объем семенного ящика $V_я$ из расчета заправки сеялок только на одном или обоих концах гона по формуле (4.18)

$$V_я = 1{,}1\frac{L_г Q B_р}{10^4 \gamma}. \qquad (4.22)$$

Сравнить с объемом ящика сеялки СЗ-5,4.

8) Определить сменную производительность посевного агрегата, состоящего из сеялки СЗ-5,4 и трактора МТЗ-82.

Сменная производительность определяется по формуле

$$W_{см} = 0{,}1B \times V \times T \times \tau, \text{ га/см,} \qquad (4.23)$$

где B – ширина захвата сеялки, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч (принять в пределах от 8,9; 10,94; 12,33 и 15,15 для трактора МТЗ-82);

T – время смены, ч (принять 7 ч);

τ – коэффициент использования времени смены (на посеве 0,6).

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные проектируемой сеялки.
3. Заключение (должны быть представлены результаты по исследуемым показателям и технологическому расчету сеялки).

Контрольные вопросы

1. Как определить фактический объем высеваемых семян?

2. Что такое толщина активного слоя?

3. Как определить число оборотов катушки высевающего аппарата?

4. Как определить число оборотов колеса сеялки при посеве одного гектара?

5. Как определить рабочую длину катушки при фактическом имеющемся на сеялке СЗ-5,4 передаточном отношении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5
Исследование процесса высева минеральных удобрений пружинным туковысевающим аппаратом и технологический расчет культиватора-растениепитателя

Цель работы: исследовать технологический процесс пружинного туковысевающего аппарата; установить зависимость количества высеваемых удобрений от скорости вращения и шага спирали высевающего механизма; произвести технологический расчет культиватора-растениепитателя по заданному варианту (табл. 5.1).

Приборы, оборудование: лабораторная установка; весы с разновесами; две емкости для сбора высеянных удобрений; удобрения в количестве 10 кг; штангенциркуль.

Описание пружинного туковысевающего аппарата АТП-2. Туковысевающий аппарат пружинного типа АТП-2 предназначен для высева стартовой дозы минеральных удобрений и их смесей в гранулированном, порошкообразном и кристаллическом видах в рядки при посеве различных культур, а также для внесения удобрений в зону корневой системы растений при подкормке культиваторами-растениепитателями.

Высевающий механизм представляет собой вал, на котором закреплено два пружинных шнека с левой и правой навивкой. С каждого края вала расположены втулки для центровки пружин и установки в кольцевой проточке рассеивателя. Рассеиватель изготовлен в виде пружинной скобы с пальчатым стержнем и предназначен для устранения пульсации и выравнивания потока высевающих туков.

Таблица 5.1

Варианты заданий для технологического расчета культиватора-растениепитателя

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ опыта	1	2	3	2	1	2	3	2	1	2
Ширина междурядья, м	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6
Число обрабатываемых рядков при одном проходе, шт.	10	8	12	8	10	12	10	8	10	12
Скорость движения агрегата V, км/ч	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5
Длина поля L, тыс. м	0,8	0,9	1,0	0,95	0,1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7

Для исключения самопроизвольного осыпания туков в воронке предусмотрены козырьки, закрепленные шарнирно на наклонных стенках внутри бункера. Козырьки перекрывают часть высевающего материала. Привод на вал туковысевающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса с помощью механизма передачи.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка изготовлена на базе туковысевающего аппарата, схема которого представлена на рисунке 5.1. Корпус *1* туковысевающего аппарата АТП-2 с двумя высевными окнами закреплен на столе *2*. Внутри корпуса стола установлен электродвигатель *3* с частотой вращения 2790 мин$^{-1}$. Вал электродвигателя передает вращение на редуктор *4* с передаточным отношением i = 31,5, следовательно, на выходном валу редуктора – частота вращения 88,57 мин$^{-1}$. На выходном валу редуктора установлена звездочка *5* с числом зубьев Z = 16, далее через цепную передачу *6* на ведущую звездочку *7* (Z = 16) с передаточным отношением i = 1.

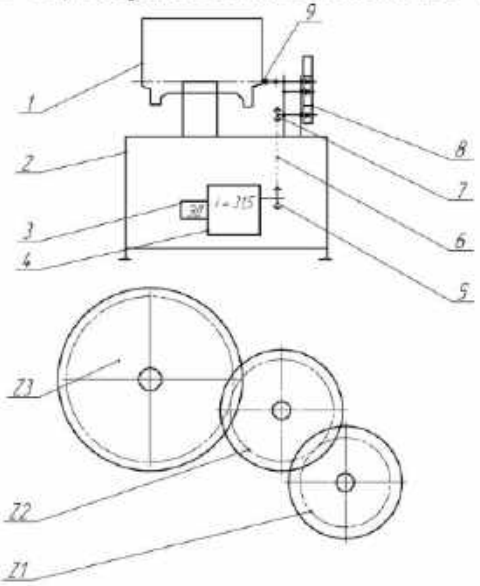


Рис. 5.1. Схема лабораторной установки

1 – туковысевающий аппарат АТП-2; 2 – стол; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5, 7 – ведущая и ведомая звездочки; 6 – цепная передача; 8 – редуктор тукового аппарата; 9 – вал с двумя пружинами.

Далее через редуктор 8 передается вращение на вал *9* туковысевающего аппарата, следовательно, частота вращения вала высевающего аппарата будет зависеть от передаточного отношения, устанавливаемого на установке с помощью редуктора.

На редукторе устанавливаются передаточные отношения (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Варианты передаточных отношений

№	Число зубьев			Передаточное отношение i	Число оборотов вала n, мин$^{-1}$
	Z_1	Z_2	Z_3		
1	11	18	35	0,31	27,84
2	15	18	35	0,45	38,1
3	18	15	35	0,54	45,65

Теоретическая часть. Механизм туковысевающего аппарата относится к спирально-винтовым конвейерам, рабочими органами которых являются цилиндрические спирали (пружины).

Производительность односпирального конвейера рассчитывается по формуле:

$$П = 1,7\, D^2\, S\, n_в K_v\, \eta_v\, \gamma, \text{ кг/с}, \qquad (5.1)$$

где D – наружный диаметр спирали, м (0,055);

S – шаг спирали, м (0,024);

$n_в$ – частота вращения спирали, мин$^{-1}$:

$$n_в = 60\, v\, i / \pi\, D_K, \qquad (5.2)$$

где v – скорость движения агрегата, м/с;

i – передаточное число;

D_K – диаметр опорно-приводного колеса, (0,51м);

K_v – теоретический коэффициент скорости, учитывающий винтовой характер движения материала ($K_v = 0,57$);

η_v – коэффициент производительности ($\eta_v = 0,012 – 0,014$);

γ – объемная масса материала, (0,9-1,1 т/м^3):

Например: $n_в = 60\ 1,66\ 0,31 / 3,14\ 0,51 = 19,35$ мин$^{-1}$

$П = 1,7^2\ 0,055^2\ 0,024\ 19,35\ 0,57\ 0,013\ 1\ 10^{-3} = 0,03$ кг/с

Необходимая норма высева удобрений на гектар достигается соответствующей частотой вращения высевающего механизма аппарата. Частота вращения обеспечивается механизмом привода культиватора. Теоретическая норма высева определяется по формуле

$$Q = \frac{10^4 m_0 i}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}, \quad (5.3)$$

где m_0 – масса высеваемых удобрений в одно окно за один оборот высевающего механизма, кг;

b – ширина междурядья, м.

Норму высева также можно определить по известной производительности:

$$Q = \frac{7{,}8 \cdot 10^6 П}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}. \quad (5.4)$$

В зависимости от заданной нормы высева удобрений Q изменится и путь $L_г$, проходимый машиной до следующей заправки:

$$L_з = \frac{10^4 WCZ\gamma}{QB}, \text{ м}, \quad (5.5)$$

где W – объем одного бункера высевающего аппарата, м^3 (0,05);

C – коэффициент использования объема бункера (0,9);

Z – количество бункеров [$Z = (B/b)/2$];

B – ширина захвата агрегата, м;

γ – объемная масса, кг/м^3.

Определить необходимый теоретический объем тукового ящика $W_т$ из расчета заправки культиватора-растениепитателя на одном или на обоих концах гона (из расчета длины гона $L_г$) по формуле 5.6:

$$W_т = 1{,}1 \frac{L_г \cdot Q \cdot B_р}{10^4 \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.6)$$

где $L_з$ – длина гона (пути до следующей заправки).

Определить количество заправок:

$$n = W_т/W.$$

Практическая часть. Для изучения влияния скорости вращения и шага спирали на производительность туковысевающего механизма необходимо ознакомиться со схемой установки (рис. 5.1).

Выполнить работу в следующем порядке.

1) Освободить от удобрений бункер и замерить параметр спирали (D, S). Определить объемную массу удобрений (γ) или принять по таблице 5.3.

2) Подсчитать по формуле 5.1 теоретическую производительность высевающего аппарата (при шаге спирали S – 0,024 м) Для чего рассчитать или принять по таблице 5.1 частоту вращения вала высевающего механизма $n_в$.

Теоретическая норма высева определяется по формуле 5.3 или 5.4, а путь $L_з$ по формуле 5.5.

Результаты расчетов занести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Результаты расчетов

Шаг спирали, м	№ опыта	Передаточное число, i	Частота вращения вала, мин$^{-1}$	Продолжительность опыта, с	Производительность, кг/с		Норма высева, Q, кг/га	Путь агрегата $L_з$, м
					Пт	Пэ		
0,025	1 2 3							

3) Исследовать влияние скорости вращения высевающего механизма и шага спирали на производительность аппарата. Для этого определить частоту вращения вала высевающего механизма на каждом режиме. Заполнить бункер удобрениями, включить установку на 30-60 с и определить массу удобрений. Данные занести в таблицу 5.2.

4) Построить графики экспериментальной и теоретической зависимости производительности $П_Э = f(n_в)$ и $П_Т = f(n_в)$.

5) По данным экспериментальной производительности определить соответствующую норму высева и путь агрегата согласно варианту задания (b, W, C, Z и B).

6) Построить графики зависимости $Q = f(n_в)$ и $L = f(n_в)$.

7) Сделать выводы по результатам исследований.

Технологический расчет культиватора-растениепитателя. Технологический расчет туковысевающих аппаратов, устанавливаемых на культиваторах-растениепитателях, выполняется в определенной последовательности по данным, полученным при лабораторных исследованиях, согласно варианта табл. 5.1.

1) Определить рабочий захват культиватора В, м:

$$B = b \cdot n,$$

где b – ширина междурядья в м;

n – число обрабатываемых рядков, шт.

2) Определить длину обода колеса:

$$l = \pi \cdot d,$$

где d – диаметр приводных колес, м.

3) Подсчитать число оборотов приводных колес культиватора при посеве одного гектара:

$$N = \frac{10000}{B \cdot l}, \text{ об/га.}$$

4) Определить норму высева Q^1 кг/га физических туков по заданной норме внесения Q кг на 1 га питательных веществ через процентное содержание (X) в данном удобрении (табл. 5.4).

$$Q^1 = \frac{100 \cdot Q}{X}, \text{ кг/га,}$$

где X – процентное содержание питательных элементов.

5) Определить количество туков q_1, кг/об, которое должно быть высеяно за один оборот колеса:

$$q_1 = Q^1/N, \text{ кг/об.}$$

6) Определить удельную производительность туковысевающего аппарата q_2 (кг/см^2) за один оборот вала для заданного виды удобрений.

Таблица 5.4

Характеристика удобрений

№ варианта	Удобрения	Объемная масса γ, т/м^3	Содержание питательных веществ, %
1, 9	Суперфосфат гранулированный	1,1	22
2, 10	Суперфосфат двойной	1,0	46
3, 11	Суперфосфат порошкообразный	1,1	20
4, 12	Фосфорная мука	1,7	22
5	Калийная соль	1,1	35
6	Аммиачная селитра	0,8	37
7	Аммиачная селитра гранулированная	1,0	33
8	Аммофос гранулированный	1,0	35

Используя экспериментально определенное значение q_1 (кг/см^2) за один оборот вала при высеве суперфосфата с объемной массой $\gamma_2 = 1{,}0$, необходимо сделать перерасчет для определения количества высеянных удобрений за один оборот вала q_2 при условии, что высевается одинаковый объем, но различная масса из-за отличающейся объемной массы:

$$q_2 = q_1/\gamma, \text{ кг/см}^2 \text{ – за один оборот вала.}$$

7) Определить передаточное отношение, при котором обеспечивается заданная норма высева:

$$i = q_2/q_1 \times n,$$

где n – число высевающих аппаратов (число рядков).

8) Определить сменную производительность агрегата на междурядной обработке пропашных культур с одновременной подкормкой минеральными удобрениями.

$$W_{см} = 0{,}1 B_м V T \tau, \text{ га/смену,}$$

где $B_м$ – ширина захвата культиватора, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч (задание);

T – продолжительность смены (7 ч);

τ – коэффициент использования рабочего времени смены (на междурядной обработке с одновременной подкормкой, ($\tau = 0{,}8$).

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание установки для высева минеральных удобрений.
3. График зависимости высеваемых удобрений от частоты вращения вала или передаточного отношения редуктора.
4. Технологический расчет культиватора.
5. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, приведены основные характеристики спроектированного культиватора).

Контрольные вопросы

1. Как определить производительность одношпирального конвейера?

2. Как определить необходимый теоретический объем пухового ящика?

3. Что такое процентное содержание питательных элементов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
Исследование процесса высева минеральных гранулированных минеральных удобрений шнековым туковысевающим аппаратом

Цель работы: исследовать технологический процесс шнекового туковысевающего аппарата; установить зависимость количества высеваемых удобрений от скорости вращения, высоты навивки и шага шнека высевающего механизма; произвести по заданному варианту (табл. 6.1).

Приборы, оборудование: лабораторная установка; весы с разновесами; тахометр, две емкости для сбора высеянных удобрений; удобрения в количестве 10 кг; штангенциркуль, линейка.

Варианты заданий представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Варианты заданий для технологического расчета

Параметры	*Варианты*									
	1	2	3	4	*5*	6	7	8	*9*	*10*
№ опыта	1	2	3	2	1	2	3	2	1	*2*
Ширина междурядья, м	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	*0,6*
Ширина агрегата В, м	4,8	5,6	6	7	5,4	8,4	7	4,8	5,6	*6*
Длина поля L, тыс. м	0,8	0,9	1,0	0,95	0,1	0,9	0,8	0,9	0,8	*0,7*
Норма высева, кг/га	120	130	140	150	160	150	140	130	120	*140*
Объемная масса γ, т/м³	*0,8*	*0,9*	*1,0*	*1,1*	*1,0*	*0,9*	*0,8*	*0,9*	*1,0*	*1,0*

Описание шнекового туковысевающего аппарата АТШ-2. Туковысевающий аппарат шнекового типа АТШ-2 предназначен для высева стартовой дозы минеральных удобрений и их смесей в гранулированном и кристаллическом видах в рядки при посеве различных культур, а также для внесения удобрений в зону корневой системы растений при подкормке культиваторами-растениепитателями.

Туковысевающий аппарат представляет из себя бункер с двумя высевными окнами, на дне которого расположен туковысевающий механизм.

Туковысевающий механизм представляет собой шестигранный вал, на который нанизаны два шнека с левой и правой навивкой. С одного края вала расположена приводная звездочка на втулке.

Для исключения самопроизвольного осыпания туков внутри бункера предусмотрены щитки, закрепленные шарнирно на наклонных стенках. Щитки перекрывают часть высевающего материала. Привод на вал туковысевающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса с помощью механизма передачи.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка изготовлена на базе туковысевающего аппарата сеялки УПС-8, схема которой представлена на рисунке 6.1. Корпус бункера *2* туковысевающего аппарата АТШ-2 с двумя высевными окнами закреплен на раме *1*. Сбоку бункера закреплен мотор-редуктор *5* марки (6573), обеспечивающий плавное изменение частоты вращения от 5 до 100 мин^{1}. Со звездочки, закрепленной на валу мотор-редуктора на звездочку, закрепленную на валу шнеков вращение передается с передаточным отношением i = 1, следовательно, на шнековом валу – частота вращения плавно может меняться от 5 до 100 мин^{1}.

Подача электроэнергии напряжением 12 В осуществляется от источника питания *8* по проводам *9* через контроллер *7*. При помощи контроллера изменяется частота вращения выходного вала мотор-редуктора *5*, а следовательно частота вращения шнекового вала *4*, которая конролируеся тахометром *10*.

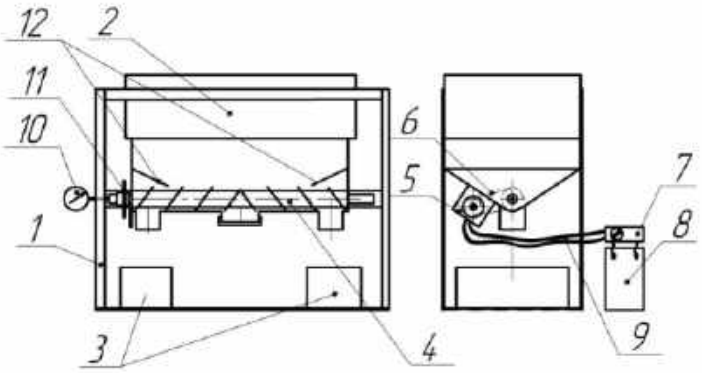


Рис. 6.1. Схема лабораторной установки
1 – рама; 2 – бункер; 3 – емкости; 4 – шнековые валы;
5 – мотор-редуктор; 6 – цепная передача; 7 – контроллер;
8 – источник питания; 9 – провода; 10 – тахометр;
11 – звездочки; 12 – щитки.

Теоретическая часть. Механизм туковысевающего аппарата относится к шнековым конвейерам, рабочими органами которых являются цилиндрические винтовые шнеки.

Необходимая норма высева удобрений на гектар обеспечивается соответствующей частотой вращения высевающего механизма аппарата. Частота вращения обеспечивается механизмом привода культиватора. Теоретическая норма высева определяется по формуле

$$Q = \frac{10^4 m_0 i}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}, \qquad (6.1)$$

где m_0 – масса высеваемых удобрений в одно окно за один оборот высевающего механизма, кг;

b – ширина междурядья, м.

i – передаточное отношение от приводных колес к шнеку.

D_K – диаметр опорно-приводного колеса, (0,51м);

Норму высева также можно определить по секундной производительности:

$$Q = \frac{7{,}8 \cdot 10^3 П}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}. \qquad (6.2)$$

где $П$ – секундная производительность конвейера.

В зависимости от заданной нормы высева удобрений Q изменится и путь L_a, проходимый машиной до следующей заправки:

$$L_a = \frac{10^4 W \cdot C \cdot Z \cdot \gamma}{Q \cdot B}, \text{ м}, \qquad (6.3)$$

где W – объем одного бункера высевающего аппарата, м^3 (0,05);

C – коэффициент использования объема бункера (0,9);

Z – количество бункеров [$Z = (B/b)/2$];

B – ширина захвата агрегата, м.

Необходимый теоретический объем тукового ящика W_T из расчета заправки культиватора-растениепитателя на одном или на обоих концах гона (из расчета длины гона $L_Г$) определяется по формуле 6.3:

$$W_T = 1{,}1 \frac{L_Г \cdot Q \cdot B_р}{10^4 \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \qquad (6.4)$$

где $L_г$ – длина гона (длина пути до следующей заправки).

Количество заправок определяется по формуле:

$$n = W_T/W, \qquad (6.5)$$

Практическая часть. Для изучения влияния скорости вращения вала, высоты и шага шнека на производительность туковысевающего механизма необходимо ознакомиться со схемой установки, метода измерения необходимых параметров и режимов работы. (рис. 6.1).

Работа выполняется в следующем порядке:

1) Замерить параметры шнека.

D – наружный диаметр шнека, м (0,044);

t – шаг шнека, м;

d – внутренний диаметр шнека, м;

h – высота навивки шнека.

Принять объемную массу удобрений (γ) по таблице 6.1.

2) Подсчитать теоретическую норму высева, которая определяется по формуле 6.2, и путь L_3 по формуле 6.3.

Результаты расчетов занести в таблицу 6.3.

3) Исследовать влияние скорости вращения высевающего механизма и шага навивки на производительность аппарата. Для этого определить частоту вращения вала высевающего механизма на каждом режиме. Заполнить бункер удобрениями, включить установку на 30 с или 60 с и определить массу высеваемых удобрений. Данные занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

Результаты расчетов

№ опыта	Шаг навивки, м	Высота навивки, м	Частота вращения вала, n мин$^{-1}$	Продолжительность опыта, с	Производительность, кг/с	Норма высева, Q_2, кг/га	Путь агрегата L_3, м
					Пэ		
1							
2							
n							

4) Рассчитать частоту вращения шнекового вала для обеспечения необходимой нормы высева согласно заданной норме по варианту по формуле:

$$n_1 = (Q_2/Q_1) \times n$$

где n –частота вращения вала для ближайшей нормы высева, мин$^{-1}$;

Q_1 – ближайшая норма высева по опыту, кг/га;

Q_2 - норма высева по варианту, кг/га;

5) Построить графики экспериментальной зависимости производительности $П_Э = f(n)$.

6) По данным экспериментальной производительности определить соответствующую норму высева и путь агрегата согласно варианта задания (b, W, C, Z и B).

7) Построить графики зависимости $Q_2 = f(n_в)$ и $L = f(n_в)$.

8) Сделать выводы по результатам исследований.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание установки для высева минеральных удобрений.
3. График зависимости высеваемых удобрений от частоты вращения вала или передаточного отношения редуктора.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов).

Контрольные вопросы

1. Какие показатели необходимы для определения теоретической нормы высева тукового аппарата?

2. Как определить необходимый теоретический объем тукового ящика?

3. Как подсчитать теоретическую норму высева?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
Исследование технологического процесса и определение основных параметров протравливателя ПС-20К

Цели работы:

1) исследовать технологический процесс дозирующей системы протравливателя;

2) установить зависимость количества подаваемой рабочей жидкости от величины давления в системе дозирования;

3) провести технологический расчет протравливания по заданному варианту.

Приборы, оборудование: лабораторная установка; мерная емкость; рабочая жидкость; секундомер.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка выполнена на основе протравливателя семян ПС-20К, который включает в свою конструкцию: бак, пульт управления, насос, дозирующую систему (рис. 7.1), мерный цилиндр, два крана, соединительные шланги.

Таблица 7.1

Индивидуальные задания

№ варианта	Производительность, т/ч	Культура	Кол-во семенного материала, т	Доза внесения протравителя, л/т	Расход рабочей жидкости, л/т
1	7-8	Рожь	300	0,2	5
2	13-14	Яровая Пшеница	200	0,4	6
3	9-10	Озимая пшеница	250	0,5	7
4	11-12	Ячмень	350	1	8
5	15-16	Овес	400	1,5	9
6	11-12	Рожь	300	2	5
7	9-10	Яровая Пшеница	400	0,3	6
8	13-14	Озимая пшеница	250	0,6	7
9	7-8	Ячмень	350	1,2	8
10	15-16	Овес	200	1,7	9

Дозатор работает следующим образом: рабочая жидкость подается по патрубку *3* в распределитель *2*, вращая регулировочный вентиль *5* меняют давление рабочей жидкости в распределителе (контролируя по манометру), избыток жидкости уходит в бак через патрубок *1*. Необходимый для протравливания объем рабочей жидкости направляется через патрубок *4* в камеру протравливания. При настройке необходимо определить давление, при котором будет обеспечена требуемая подача рабочей жидкости (табл. 7.2).

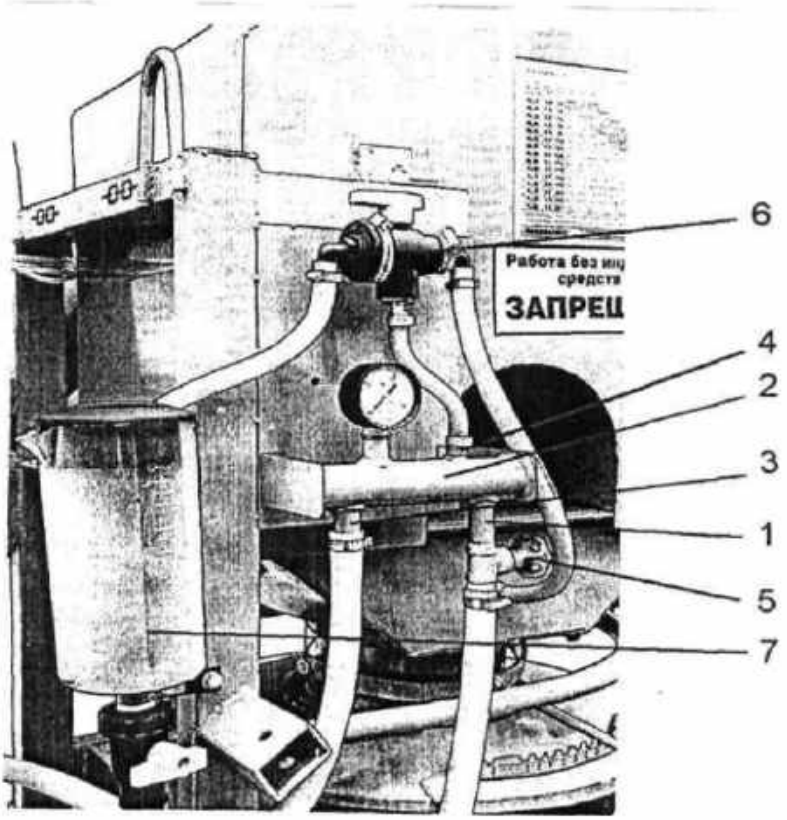


Рис. 7.1. Дозирующая система протравливателя ПС-20К:
1, 3, 4 – патрубки; 2 – распределитель; 5 – регулировочный вентиль;
6 – трехходовой кран; 7 – мерный цилиндр

Порядок снятия показателей. Заполнить емкость *1* для рабочей жидкости водой (рис. 7.2), полностью открыть кран регулятора давления *10* и включить электродвигатель насоса *12*, перевести трехходовой кран *6* в положение «подача к распылителю».

По манометру *8* установить необходимые значения (табл. 7.2) давления постепенно закрывая кран *10* регулятора давления. Затем перевести трехходовой кран *6* в положение «к мерному цилиндру» одновременно с этим необходимо запустить секундомер и по истечению одной минуты необходимо вернуть трехходовой кран

в первоначальное положение. По шкале мерного цилиндра *4* определяют объем жидкости Q_1 находящейся в нем и записывают в заготовленную таблицу 7.2. Опыт повторить три раза. По трем опытам подсчитывается средняя величина.

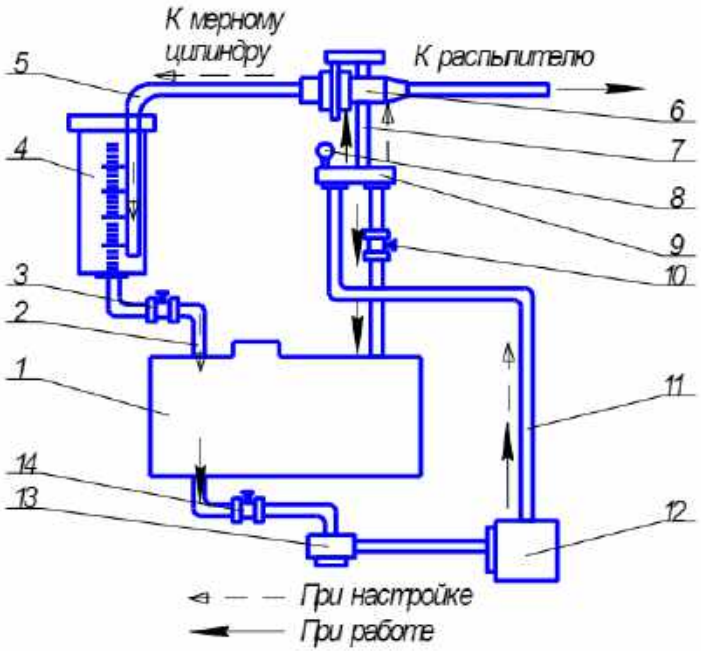


Рис. 7.2. Схема движения рабочей жидкости в дозирующей системе
1 – емкость рабочей жидкости; 2,5,7,11 – патрубки; 3, 14 – краны;
4 – мерный цилиндр; 6 – трехходовой кран; 8 – манометр;
9 – распределитель; 10 – кран регулятора давления;
12 – насос; 13 – фильтр

Далее необходимо установить следующие значение давления (табл. 7.2) рабочей жидкости и аналогичным образом снять показания мерного цилиндра *4* в трехкратной повторности.

Подача дозатора в литрах в минуту (Q_1) определяется опытным путем по трем повторностям. Подача дозатора в литрах за час работы определяется по выражению:

$$Q_2 = Q_1 \times 60 \text{ , л/ч.}$$

Таблица 7.2

Результаты определения объема жидкости в мерном цилиндре

Давление ρ, кгс/см² Ф = 2 мм	Повторность опыта	Q1 л/мин	Q2 л/ч	Производительность протравливателя П, т/ч								
				7	8	9	10	11	12	13	14	15
				qр норма расхода жидкости, л/т								
0,3	1											
	2											
	3											
	Σср											
0,6	1											
	2											
	3											
	Σср											
0,9	1											
	2											
	3											
	Σср											
1,2	1											
	2											
	3											
	Σср											
1,5	1											
	2											
	3											
	Σср											

Для определения расхода рабочей жидкости в литрах на тонну обрабатываемых семян (q_p) необходимо использовать выражение:

$$q_p = \frac{Q_2}{П}, \text{ л/с},$$

где $П$ – производительность протравливателя (т/ч).

Технологический расчет протравливателя. Технологический расчет и определение параметров настройки протравливателя приводится в определенной последовательности, на основе показателей полученных при проведении лабораторных исследований и по данным варианта задания (табл. 7.1)

1. Определить по варианту необходимый объем рабочей жидкости для семенного материала Vp, л:

$$V_p = q_p \cdot n,$$

где q_p – норма расхода рабочей жидкости, л/т (определяется по таблице 7.2, исходя из производительности;

n – количество семенного материала, т.

2. Определить количество препарата необходимого для приготовления рабочей жидкости, л:

$$Q = \frac{V_p \cdot q}{q_p},$$

где q – доза внесения протравливателя, л/т (табл. 7.2).

3. Определить необходимое количество протравливателя на полный объем бака Q, л:

$$Q_1 = \frac{V_б \cdot q}{q_p},$$

где $V_б$ – объем бака, л (205 л).

4. Определить количество заправок бака для протравливателя всего объема семян:

$$K = \frac{V_p}{V_б}.$$

5. Определить количество протравливателя для заправки неполного объема бака:

$$Q_н = \frac{V_{бн} \cdot q}{q_p},$$

где $V_{бн}$ – объем жидкости неполного бака, л.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание машины и методики проведения экспериментов.

3. Должна быть таблица с результатами определения объема жидкости в мерном цилиндре.

4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, и результаты по технологическому расчету и определению параметров настройки протравливателя).

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется технологический процесс дозирующей системы протравливателя?
2. Как настроить протравливатель на необходимую норму расхода ядохимиката?
3. Как определить необходимый объем рабочей жидкости для семенного материала?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов, О. М. Курс лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин : учебное пособие. – Кинель : РИО СГСХА, 2017 – 125 с.

2. Парфенов, О. М. Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 60 с.

3. Трубилин, Е. И. Сельскохозяйственные машины (Конструкция, теория и расчет) : учебное пособие. – Краснодар : КГАУ, 2008. – 200 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Лабораторная работа №1. Изучение физико-механических свойств почвы и их использование при расчете параметров полевой доски и тягового сопротивления плуга 4

Лабораторная работа №2. Технологический расчет культиватора 15

Лабораторная работа №3. Определение основных параметров мотовила 20

Лабораторная работа №4. Исследование катушечного высевающего аппарата и технологический расчет зерновой сеялки 27

Лабораторная работа №5. Исследование процесса высева минеральных удобрений пружинным туковысевающим аппаратом и технологический расчет культиватора-растениепитателя 36

Лабораторная работа №6. Исследование процесса высева гранулированных минеральных удобрений шнековым туковысевающим аппаратом 43

Лабораторная работа №7. Исследование технологического процесса и определение основных параметров протравливателя ПС-20К 47

Рекомендуемая литература 53

Учебное издание

Парфенов Олег Михайлович
Иванайский Сергей Александрович
Канаев Михаил Анатольевич
Денисов Сергей Владимирович

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН
Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 20.07.2022. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,23; печ. л. 3,5.
Тираж 50. Заказ № 172.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608.
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

ТЕПЛОТЕХНИКА

Методические указания
для выполнения лабораторных работ

Кинель
РИО Самарского ГАУ
2020

УДК 621.1 (07)
ББК 40.77 р
Т34

Т34 Теплотехника : методические указания / сост. Г.И. Болдашев, А.П. Быченин, О.Н. Черников. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2020. – 85 с.

Методические указания содержат теоретические сведения по технической термодинамике, теплопередаче и применению теплоты в сельском хозяйстве. Даны описания экспериментальных установок, порядок выполнения лабораторных работ и обработки опытных данных.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлениям 35.03.06 Агроинженерия, профили «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК», «Электрооборудование и электротехнологии», и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2020
© Болдашев Г.И., Быченин А.П.,
Черников ОН., составление. 2020

ПРЕДИСЛОВИЕ

Теплотехника является общетехнической дисциплиной, которая занимает одно из центральных мест в инженерной подготовке специалистов. Это обусловлено тем, что процессы получения, переноса и использования теплоты имеют место практически во всех теплотехнических устройствах и технологических процессах современной техники.

Огромное количество теплоты расходуется на отопление и вентиляцию, на обеспечение необходимых параметров микроклимата в животноводческих помещений, хранилищах и сооружениях защищённого грунта, на сушку сельскохозяйственной продукции, приготовление кормов, получение искусственного холода и другие цели.

В связи с этим особое значение при подготовке инженерных кадров для сельского хозяйства приобретает курс «Теплотехника», изучаемый на инженерных факультетах сельскохозяйственных высших учебных заведениях.

Цель методических указаний – ознакомить студентов с методикой проведения лабораторных работ, предусмотренных программой курса.

Лабораторные работы способствуют закреплению теоретических знаний по разделам: техническая термодинамика, теория тепло- и массообмена, теплосиловые установки, основы холодильной техники, отопление помещений.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Студент должен быть теоретически подготовлен к выполнению каждой лабораторной работы, изучив соответствующий материал по конспектам лекций и методическим указаниям, иметь ясное представление о цели и задачах работы, о необходимых условиях, обеспечивающих получение достоверных и точных результатов.

2. Перед началом проведения опыта преподаватель выясняет степень теоретической подготовки студентов по теме работы.

3. Студенты проводят все необходимые операции, предшествующие пуску установки, и включают её только после разрешения преподавателя или лаборанта, проверившего правильность выполнения подготовительной работы.

4. Экспериментальная часть работы считается законченной, и разрешается выключить установку только после проверки преподавателем результатов испытания. Если результаты какого-то опыта явно не соответствуют остальным, следует выявить причины несоответствия и при необходимости повторить этот опыт.

5. После выключения лабораторной установки рабочее место приводится в первоначальное состояние.

6. На занятии студент сдает отчёт преподавателю и только после этого допускается к выполнению следующей лабораторной работы.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ТЕПЛОТЕХНИКЕ

1. Студент имеет право приступить к работе в лаборатории после ознакомления с правилами техники безопасности и инструктажа от преподавателя на рабочем месте.

2. Не разрешается включать лабораторную установку без разрешения преподавателя или в его отсутствие.

3. До начала испытаний необходимо провести наружный осмотр лабораторной установки и убедиться в её исправности.

4. При включении стендов студент обязан:

- убедиться, что никто не касается деталей установки;
- предупредить совместно работающих о включении.

5. Во избежание возможного поражения электрическим током запрещается касаться при включенных установках одновременно питающих проводов измерительных приборов, оборудования и трубопроводов отопления, водопровода или заземляющего контура. При ощущении эффекта поражения электрическим током необходимо выключить лабораторную установку и сообщить преподавателю.

6. Запрещается оставлять включённую лабораторную установку без присмотра.

7. Запрещается самостоятельно устранять неисправности в электрической схеме стендов. Стенды должны быть надёжно заземлены.

8. Запрещается пользоваться в лаборатории открытым огнём.

9. Запрещается бегать и толкаться в лаборатории, мешать студентам проводить испытания. Проведение испытаний требует строгой дисциплины и точного соблюдения правил техники безопасности.

10. В случае попадания студента под напряжение необходимо быстро обесточить лабораторию, выключив главный рубильник на силовом щите, и вызвать врача, а до его прибытия оказать пострадавшему первую медицинскую помощь.

11. При появлении дыма из электронагревателей или пускорегулирующей аппаратуры и других аварийных ситуациях необходимо немедленно отключить установку и сообщить об этом преподавателю.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Цель работы: определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянной температуре, экспериментальная проверка закона Бойля-Мариотта, определение работы изотермического сжатия газа, построение графика изотермического процесса.

Общие сведения

Изотермическим называется процесс, происходящий в термодинамической системе при постоянной температуре ($T=const$).

Изотермический процесс осуществляется при условии постоянства температуры тел, окружающих газ, и настолько медленного изменения объема газа и давления, что температура газа в любой момент не должна отличаться от температуры окружающих тел.

Важно уточнить, что приводимые законы справедливы, когда рассматриваемый газ можно считать идеальным.

Идеальным газом называется модель реального газа, удовлетворяющая следующим требованиям:

- объемом всех молекул газа можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором газ находится;
- молекулы обмениваются энергией посредством упругих соударений;
- силами взаимодействия между молекулами вне моментов столкновений можно пренебречь.

Состояние идеального газа характеризуется следующими параметрами: давлением p, Па; объемом V, м^3; температурой T, К; массой вещества m, кг.

Связывает эти параметры идеального газа уравнение Менделеева-Клапейрона:

$$p \cdot V = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T, \qquad (1.1)$$

где μ – молярная масса газа, кг/кмоль;

R_0 – универсальная газовая постоянная, кДж/(кмоль·К).

R_0=8,314 кДж/(кмоль·К).

Следствием данного уравнения является закон ***Бойля-Мариотта*** – при неизменной температуре и массе произведение численных значений давления и объема газа постоянно:

$$p \cdot V = const . \tag{1.2}$$

С высокой точностью закон Бойля-Мариотта выполняется применительно к разреженным газам.

Изотермический процесс может происходить в условиях, когда теплообмен между газом и внешней средой осуществляется при постоянной разности температур. Для этого процесс расширения (сжатия) должен происходить очень медленно.

Энергия, передаваемая термодинамической системе внешними телами при силовом взаимодействии, называется ***работой***, совершаемой над системой.

Элементарная работа газа в равновесном квазистатическом процессе изменения его объема определяется выражением

$$\delta A = p \cdot dV . \tag{1.3}$$

В системе координат p, V она пропорциональна площади фигуры, находящейся между осью V и кривой процесса и ограниченной отрезками ординат (рис. 1.1).

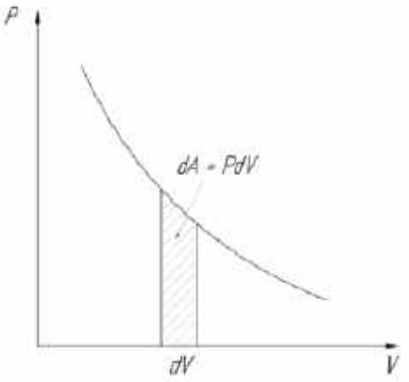


Рис. 1.1. Элементарная работа изотермического процесса в p, V-координатах

При подводе теплоты происходит расширение газа и увеличение объема, сопровождающееся уменьшением давления. При отводе теплоты происходит сжатие газа и уменьшение объема, сопровождающееся увеличением давления.

Так как dT=0, то внутренняя энергия идеального газа в изотермическом процессе не изменяется, то есть

$$dU = m \cdot c_V \cdot dT = 0 . \qquad (1.4)$$

Поэтому, в соответствии с первым началом термодинамики, вся теплота Q, сообщаемая газу в ходе изотермического процесса, расходуется на совершение газом работы против внешних сил, т.е.

$$\delta A = dQ . \qquad (1.5)$$

Теплота и работа изотермического расширения (сжатия) газа могут быть рассчитаны по формуле

$$A_{1-2} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_2} . \qquad (1.6)$$

Описание лабораторной установки

Принципиальная схема лабораторной установки представлена на рисунке 1.2. Установка включает в себя: герметичный сосуд *ГС* (полупрозрачный цилиндр из пластика), составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема *VE*, поршень *П* с рукояткой перемещения *РП*, тройник с клапаном *ТК* и датчик давления *PE*.

Объем резервуара изменяется при движении внутри него поршня *П*, осуществляемого вручную за счет вращения рукоятки перемещения *РП*. С поршнем жестко связана подвижная часть датчика изменения объема, и таким образом положение поршня в цилиндре контролируется. Давление газа измеряется датчиком давления, который присоединяется к цилиндру с помощью вакуумного шланга.

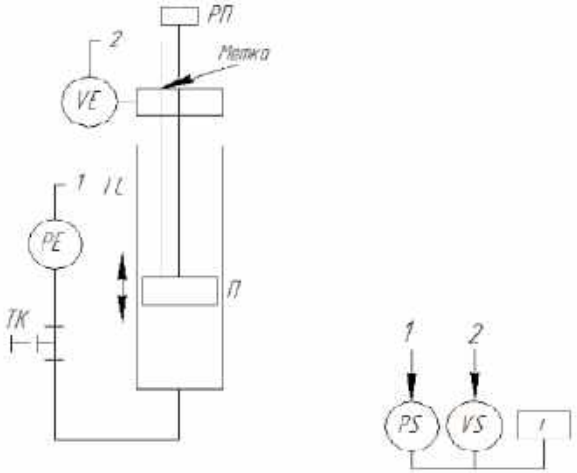


Рис. 1.2. Принципиальная схема установки:
ГС – герметичный сосуд; *П* – поршень; *РП* – рукоятка перемещения;
ТК – тройник с клапаном; *VE* – датчик объема; *PE* – датчик давления;
1 – давление внутри сосуда; 2 – объем сосуда

Стенки резервуара обладают достаточной теплопроводностью, чтобы обеспечить равенство температуры газа температуре внешней среды при условии медленного равномерного вращения подающего поршень винта.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 1.2). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе;
- подключить стенд к сети напряжением 220В и к USB-разъему компьютера;
- включить автомат питания *AB*, «Сеть 220В»;
- включить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Изотермический процесс»;
- провести настройку датчика объема. Вынуть заглушку на тройнике *ТК* (соединить с атмосферным воздухом) и перевести поршень в среднее положение, так чтобы метка на линейке

энкодера совпала с корпусом датчика объема (рис. 1.2). В рабочем окне программы на экране компьютера нажать кнопку «Сброс»;

- вставить заглушку в тройник до упора, замерить начальные параметры воздуха и результаты измерения записать в таблицу 1.1;
- медленно вращая рукоятку винта *РП*, перевести поршень в другое положение, уменьшая объем на 10 мл. В процессе перемещения поршня будут изменяться параметры воздуха;
- провести замеры для 5 точек (с 80 до 40 мл). Давление в герметичном сосуде не должно превышать 100 кПа;
- выключить установку тумблером *АВ*, «Сеть 220В»;
- вернуть поршень в среднее положение.

Обработка результатов измерений

Используя уравнение Менделеева-Клапейрона:

- рассчитать массу газа (кг) в сосуде, по формуле

$$m = \frac{\mu \cdot V_1 \cdot p_1}{R_0 \cdot T}, \qquad (1.7)$$

где V_1 – объема сосуда в начальном состоянии, м^3;

$T = t + 273{,}15$ – абсолютная температура воздуха, К;

p_1 – абсолютное начальное давление воздуха в сосуде, кПа. Оно равно сумме атмосферного давления $p_{атм}$ и избыточного давления в полости герметичного сосуда $p_{изб}$ ($p = p_{атм} + p_{изб}$);

- рассчитать общую работу (кДж) сжатия воздуха:

$$A_{1-n} = \frac{m}{\mu} \cdot R_0 \cdot T \cdot \ln \frac{p_1}{p_n} \qquad (1.8)$$

- по результатам наблюдений построить экспериментальный график изотермического процесса $p=f(V)$, определить константу уравнения и построить теоретическую (расчётную) кривую процесса.

Таблица 1.1

Протокол результатов измерений и вычислений

Параметры наружного воздуха $t_{атм}$=____°С $p_{атм}$=_____кПа

№ п.п.	V, мл	$P_{изб}$, кПа	P, Па	m, кг	A, кДж
1					
2					
3					
4					
5					

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- краткие теоретические положения по исследованию изотермического процесса. Закон Бойля-Мариотта;
- схему и описание лабораторной установки;

а также **уметь**:

- проводить испытания и заполнять протокол испытаний;
- строить график изотермического процесса;
- анализировать полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Как называется термодинамический процесс, происходящий при постоянной температуре?
2. Сформулируйте закон Бойля-Мариотта.
3. Каким требованиям должен удовлетворять идеальный газ?
4. Дайте определение работы в термодинамическом процессе.
5. Перечислите известные Вам температурные шкалы. Как осуществляется переход от одной температурной шкалы к другой?
6. Почему в ходе изотермического процесса не изменяется внутренняя энергия идеального газа? Будет ли изменяться внутренняя энергия газа, если его принять за реальный газ?
7. Почему процесс изотермического расширения (сжатия) газа должен происходить очень медленно?
8. Какие изменения внутренней энергии газа происходят при изотермическом процессе?
9. Что произойдет с постоянной изотермы, если повысить температуру воздуха в герметичном сосуде? Как тогда будет выглядеть диаграмма изотермического процесса?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОБАРНОГО ПРОЦЕССА

Цель работы: определение взаимосвязи между параметрами газа в замкнутом сосуде при постоянном давлении.

Общие сведения

Изобарным называется термодинамический процесс, при котором давление сохраняется постоянным ($p=const$) (рис. 2.1). Если при подводе теплоты к газообразному рабочему телу оно расширяется без изменения давления, то вся подводимая теплота расходуется на изменение энтальпии:

$$dQ = dH + V \cdot dp\,, \qquad (2.1)$$

или при $p=const$:

$$dQ = dH = c_p \cdot m \cdot dT\,, \qquad (2.2)$$

где c_p – удельная массовая теплоемкость воздуха при постоянном давлении.

Если воздух, используемый в качестве рабочего тела, находится при малом давлении, его можно рассматривать как идеальный газ, состояние которого описывается уравнением Менделеева-Клапейрона.

Для идеальных газов изобарный процесс описывается законом ***Гей-Люссака:*** *при постоянном давлении и неизменных значениях массы газа и его молярной массы отношение объёма газа к его абсолютной температуре остаётся постоянным:*

$$\frac{V}{T} = const\,, \text{ или } \frac{\Delta V}{\Delta T} = const\,. \qquad (2.3)$$

Если к газу в некотором объёме подводить теплоту и при этом намеренно увеличивать его объём таким образом, что давление в объёме не будет изменяться, то будет реализован изобарный процесс расширения. Если при этом регистрировать ΔV и ΔT, то может

быть построена кривая процесса, определена константа уравнения (2.3) и построена расчётная кривая процесса.

Работу, совершаемую при нагреве (охлаждении), при давлении p можно рассчитать по зависимости:

$$A = p \cdot (V_2 - V_1), \tag{2.4}$$

Описание лабораторной установки

Установка для демонстрации изобарного процесса (рис. 2.1) представляет собой герметичный резервуар (полупрозрачный цилиндр из пластика с гофрированной боковой поверхностью) *ГГС*, составляющий единую конструкцию с датчиком изменения объема. Упругие свойства стенок резервуара позволят ему в определенных пределах изменять свой объем под действием небольшой разницы давлений внутри и снаружи. Применяемый резервуар допускает нагрев до температуры 80°С в сосуде с горячей водой.

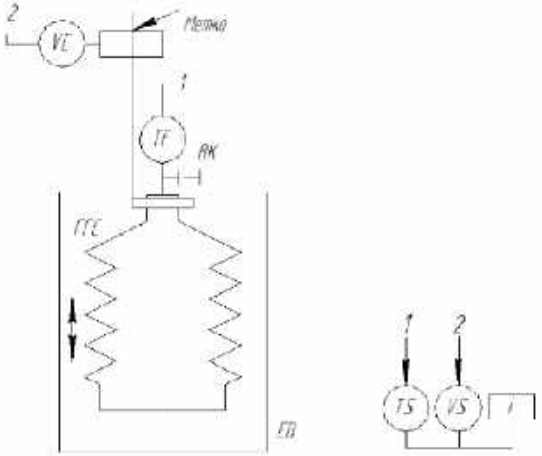


Рис. 2.1. Принципиальная схема установки:
ГГС – герметичный гофрированный сосуд; *ЕВ* – емкость с водой;
ВК – воздушный клапан; *VE* – датчик объема; *TE* – датчик температуры;
1 – температура внутри сосуда; 2 – объем

При проведении измерений необходимо, чтобы температура газа была одинаковой по всему объему резервуара, и чтобы датчик

температуры успевал приходить в равновесие с окружающим его газом. Для этого изменение температуры газа должно осуществляться достаточно медленно.

Нагрев исследуемого газа проводится горячей водой. Погружение резервуара с исследуемым газом в горячую воду приводит к быстрому нагреву стенок резервуара. Установление однородного распределения температуры газа внутри резервуара происходит значительно медленнее. Для избежания искажений результатов эксперимента, обусловленных конечной скоростью выравнивания температуры газа и датчика, запись данных следует проводить во время остывания резервуара с газом на воздухе.

Элементы установки размещены на кронштейне с возможностью перемещения подвижного основания цилиндра с горловиной вдоль его вертикальной оси. Основание цилиндра жестко связано с подвижной частью датчика изменения объема, и таким образом осуществляется регистрация объема цилиндра с гофрированными стенками.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 2.1). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе;
- подключить стенд к сети 220В;
- подключить автоматизированный стенд к USB-разъему компьютера;
- включить автомат питания АВ, «Сеть 220В»;
- включить программу Пуск → Программы → MeasLAB → «Изобарный процесс»;
- залить горячую воду, с температурой не более 80°С в стеклянную емкость *ЕВ*;
- удалить воздушную заглушку в клапане *ВК*. Аккуратно сжать гофрированный цилиндр, так чтобы метка на линейке энкодера совпала с корпусом датчика объема. На экране компьютера нажать кнопку «Сброс»;
- плотно вставить заглушку, убедиться в герметичности (показание объема должно оставаться постоянным);
- опустить резервуар в горячую воду;

- после того, как температура перестанет заметно изменяться, извлечь резервуар с воздухом из сосуда с горячей водой. Замерить начальные параметры воздуха в резервуаре и записать в протокол испытания;
- воздух в резервуаре начнет остывать. При каждом изменении температуры на 5°С замерить его объём и температуру, а результаты измерения внести в протокол (табл. 2.1);
- после того, как температура перестанет заметно изменяться, остановить измерения;
- выключить установку тумблером АВ, «Сеть 220В».

Примечание:

По окончании проведения опытов вынуть заглушку, немного растянуть корпус гофрированного сосуда, вставить заглушку в тройник и оставить в таком положении до следующих опытов.

Обработка результатов измерений

- Используя уравнение Менделеева-Клапейрона рассчитать массу газа (кг) в сосуде, по формуле:

$$m = \frac{\mu \cdot V_1 \cdot p}{R_0 \cdot T_1}, \qquad (2.5)$$

где V_1 – объем сосуда в начальном состоянии, м^3;

$p=p_{атм}$ – абсолютное давление в исследуемом объеме равно атмосферному давлению (*100 кПа=750 мм рт. ст.),* кПа;

$T_1=t_1+273,15$ – абсолютная температура воздуха в сосуде в начальном состоянии, К;

μ – молярная масса газа, (для воздуха $\mu = 29$ кг/кмоль);

$R_0 = 8,314$ кДж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

- Рассчитать работу сжатия воздуха по уравнению (2.4).
- Исходя из выражения (2.2), определить общее количество теплоты, затраченной на остывание воздуха из начального состояния в конечное, по формуле:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (t_2 - t_1), \qquad (2.6)$$

где c_p – удельная теплоёмкость при постоянном давлении (для воздуха c_p = 1,007 кДж/(кг·К)).

- Полученные значения занести в таблицу 2.1.
- По результатам наблюдений построить график изобарного процесса $V = f(T)$, определить константу уравнения и нанести расчётную кривую процесса.

Таблица 2.1

Протокол результатов измерений и вычислений

№ п.п.	V, мл	t, °С	T, К	m, кг	A, Дж	Q, Дж
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- краткие теоретические положения по исследованию изобарного процесса. Закон Гей-Люссака;
- схему и описание лабораторной установки;

а также **уметь**:

- проводить испытания и заполнять протокол испытаний;
- строить график изобарного процесса;
- анализировать полученные результаты.

Контрольные вопросы

1. Какой процесс называется изобарным?
2. Как изображается изобарный процесс на термодинамических диаграммах?
3. Поясните использование изобарного процесса в циклах тепловых двигателей.
4. Почему процесс охлаждения воздуха в данной работе можно считать изобарным?
5. Какие условия должны выполняться, чтобы, определяя параметры газа, можно было воспользоваться законом Гей-Люссака?
6. Сформируйте закон Гей-Люссака.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЁМКОСТИ МЕТОДОМ ДИНАМИЧЕСКОГО КАЛОРИМЕТРИРОВАНИЯ

Цель работы: расширение и закрепление знаний по теплоемкости, исследование теплоемкости различных физических тел в зависимости от температуры.

Общие сведения

В теплотехнике важно определять количество теплоты в технологических процессах. Чтобы рассчитать количество теплоты, необходимо знать значение удельных теплоемкостей.

Под удельной теплоемкостью понимают количество теплоты, необходимое для нагревания единицы количества вещества на 1 градус.

Если теплоемкость относят к 1 кг, то ее принято называть массовой теплоемкостью и обозначать буквой c, Дж/(кг К).

Если теплоемкость относят к 1 м^3 (взятому при нормальных физических условиях) или к 1 молю, то ее называют соответственно объемной или молярной и обозначают c', Дж/(м^3 К), и μc, Дж/(моль К).

Зная теплоемкость, можно определить расход теплоты на нагревание вещества:

$$Q = c \cdot m \cdot (T_2 - T_1), \qquad (3.1)$$

где Q – теплота, подведенная к телу, кДж;

m – масса вещества, кг;

T_2 и T_1 – температура вещества после и до подведения теплоты, К;

c – массовая удельная теплоемкость, кДж/(кг·К)

Количество теплоты, поглощенное телом при изменении его состояния, зависит не только от начального и конечного состояний (в частности, от их температуры), но и от способа осуществления процесса перехода между ними. Соответственно от способа нагревания тела зависит и его теплоемкость.

Обычно различают теплоемкость при постоянном объеме (c_v) и теплоемкость при постоянном давлении (c_p), если в процессе

нагревания поддерживаются постоянными, соответственно, его объем или давление.

При нагревании при постоянном давлении часть теплоты идет на производство работы расширения тела, а часть – на увеличение его внутренней энергии. При нагревании при постоянном объеме вся теплота расходуется на увеличение внутренней энергии; в связи с этим c_p всегда больше, чем c_v. Для газов (разреженных настолько, что их можно считать идеальными) разность теплоемкостей равна газовой постоянной R и определяется уравнением Майера:

$$c_p - c_v = R; \quad \mu c_p - \mu c_v = R_0 . \tag{3.2}$$

$$R = \frac{R_0}{\mu} , \tag{3.3}$$

где R_0=8,314 кДж/(кмоль·К) – универсальная газовая постоянная.

Между изобарной и изохорной теплоемкостями существует другая зависимость:

$$k = \frac{c_p}{c_v} , \tag{3.4}$$

где k – показатель адиабаты.

Описание лабораторной установки

В основу работы измерителя положен сравнительный метод динамического с-калориметра с тепломером и адиабатической оболочкой.

На рисунке 3.1 показана тепловая схема метода. Испытуемый образец 4 размещается внутри металлической ампулы 3 и монотонно разогревается вместе с ней за счет непрерывно поступающего к ампуле через тепломер 2 теплового потока.

Тепловая связь ампулы 3 и образца 4 с внешней средой допускается только через тепломер 2, поэтому открытые участки поверхности ампулы отделены от внешней среды адиабатической оболочкой 6.

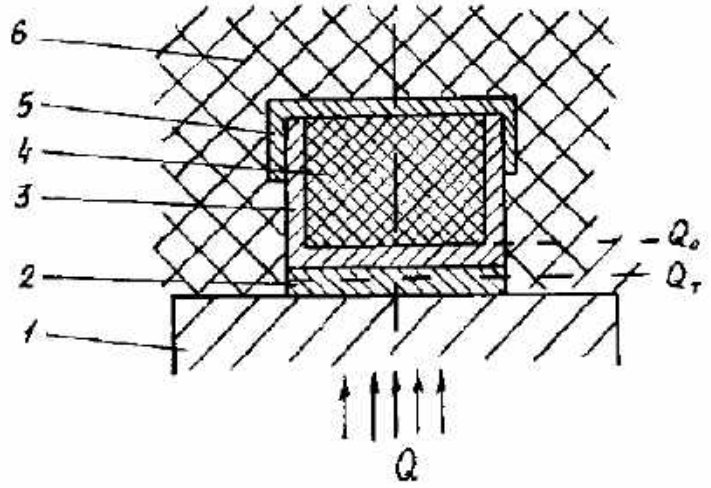


Рис. 3.1. Тепловая схема метода динамического с-калориметра:
1 – основание; 2 – тепломер; 3 – ампула; 4 – образец испытуемый;
5 – крышка; 6 – оболочка адиабатическая

О величине теплового потока Q_T, проходящего через тепломер, можно судить по величине перепада температуры на тепломере Δt_T и тепловой проводимости тепломера k_T, определенной из независимых градуировочных экспериментов:

$$Q_T = k_T \cdot \Delta t_T . \tag{3.5}$$

Параметр k_T является постоянной прибора и зависит только от температурного уровня. Тогда расчетная формула теплоемкости будет иметь вид:

$$c = \frac{k_T}{m_0}\left(\tau_T - \tau_T^0\right), \tag{3.6}$$

где τ_T^0 – время запаздывания температуры на тепломере в эксперименте с пустой ампулой.

Параметр τ_T^0 также является «постоянной» прибора.

Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться со схемой установки (рис. 3.1). Изучить методические указания по проведению лабораторной работы, заготовить форму отчета, в которую внести название и цель работы, основные сведения об изучаемом процессе и протокол испытания (табл. 3.1);
- установить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «t_1»;
- включить кнопкой «НАГРЕВ» основной нагреватель и установить по вольтметру блока питания и регулирования начальное напряжение 40В;
- включить секундомер при достижении температуры 25°С (при прохождении светового указателя через «ноль» шкалы) и переключить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «t_2»;
- выключить секундомер при прохождении светового указания через «ноль» шкалы;
- записать показания секундомера в графу «τ_T» журнала наблюдений;
- повторить измерение τ_T при всех значениях температур, указанных в журнале наблюдений;
- выключить нагреватель при достижении желаемого уровня температуры;
- заарретировать прибор Ф136;
- установить переключатель «ИЗМЕРЕНИЕ» в положение «УСТ.0»;
- выключить блок питания и регулировки;
- поднять верхнюю часть корпуса измерительной ячейки для охлаждения прибора;
- определить теплоемкость образца в каждом опыте по уравнению (3.9);
- дать сравнительный анализ удельной теплоемкости с табличными данными и оценить погрешность опыта (табл. 3.2);
- построить график зависимости теплоемкости от температуры.

Таблица 3.1

Протокол испытаний

Испытуемый образец	m_0, кг	t_1, °C	τ_T, с	τ_T^0, с	k_T, Вт/К	c, Дж/(кг·К)
		25		15,6	0,391	
		50		15,2	0,397	
		75		14,7	0,402	
		100		14,3	0,408	

Таблица 3.2

Физические свойства материалов

Материал	Температура, °C	Теплоемкость, Дж/(кг·К)
Алюминий	20	920
Кварц	20	730
Латунь	20	377
Сталь	20	460
Эбонит	20	1382

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- определение удельной теплоёмкости вещества и от чего она зависит;
- виды теплоёмкостей и зависимости между ними;
- способ определения теплоёмкости вещества методом динамического калориметрирования;

а также **уметь:**

- определять массовую теплоёмкость твёрдых тел методом динамического калориметрирования.

Контрольные вопросы

1. Что называется удельной теплоемкостью вещества?
2. Написать формулу для определения удельной теплоемкости.
3. От чего зависит теплоемкость вещества?
4. Какие виды теплоемкостей Вы знаете? Написать зависимости между ними.
5. Дать размерность различных теплоемкостей.
6. В чем заключается метод динамического калориметрирования?
7. Привести примеры использования теплоемкости в практических расчетах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ТЕПЛОТЫ ПАРООБРАЗОВАНИЯ

Цель работы: закрепить теоретические знания по разделу водяной пар, экспериментально определить удельную теплоту парообразования воды.

Общие сведения

Паром называется реальный газ, близкий к состоянию насыщения, т.е. к превращению в жидкость. ***Насыщенным паром*** называется пар, находящийся в равновесии с жидкостью, из которой он образуется, и имеющий максимальную плотность и упругость. Температура насыщенного пара является функцией одного только давления. ***Сухой насыщенный пар*** получается при полном испарении всей жидкости. ***Влажный насыщенный пар*** получается при неполном испарении жидкости и является смесью пара с мельчайшими взвешенными в нем капельками жидкости. ***Перегретым паром*** называется пар, который имеет температуру выше температуры насыщения.

Теплотой перегрева называется теплота, необходимая для превращения сухого насыщенного пара в перегретый.

Удельной теплотой парообразования называется количество теплоты, необходимое для получения 1 килограмма сухого насыщенного пара из воды, находящейся при температуре кипения.

Теплота парообразования r состоит из ***внешней теплоты парообразования*** ψ, расходуемой на совершение работы расширения, и ***внутренней теплоты парообразования*** ρ, расходуемой на изменение внутренней потенциальной энергии:

$$r = \rho + \psi, \qquad \psi = p \cdot (v'' - v'), \tag{4.1}$$

где p – давление, Па;

v' – удельный объем кипящей жидкости, м^3/кг;

v'' – удельный объем сухого насыщенного пара, м^3/кг.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 4.1) представляет собой дистиллятор, который для измерения потребляемой мощности

подключён к сети переменного тока через амперметр и вольтметр. Во время опыта к кипящей воде, находящейся в парообразователе *1*, с помощью электронагревателя *3* подводится теплота. Затраченная теплота определяется с помощью амперметра и вольтметра. Образующийся пар поступает в конденсатор *8* и конденсируется, отдавая тепло холодной воде, поступающей из водопровода через трубу *7*. Конденсат поступает в мерную колбу *6*, а нагретая вода через сливную трубу *9* уходит в канализацию.

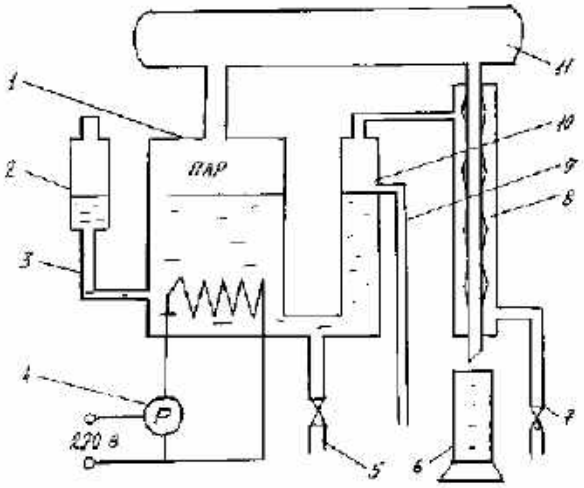


Рис. 4.1. Схема лабораторной установки
для определения удельной теплоты парообразования воды:
1 – дистиллятор; 2 – датчик; 3 – электронагреватель; 4 – ваттметр;
5 – трубка сливная; 6 – цилиндр мерный; 7 – кран охлаждающей воды;
8 – конденсатор; 9 – трубка переливная; 10 – стакан контрольный;
11 – паросборник

Удельная теплота парообразования r равна:

$$r = \frac{Q_П}{m}, \text{ кДж/кг}, \qquad (4.2)$$

где $Q_П$ – теплота, затраченная для получения сухого насыщенного пара, кДж;

m – масса полученного пара, кг.

Количество подводимой теплоты определяется по формуле:

$$Q = I \cdot U \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \text{ кДж}, \qquad (4.3)$$

где τ – время опыта, с;

I, U – показания амперметра и вольтметра.

Количество пара (кг) равно массе конденсата и определяется по уравнению:

$$m = \rho \cdot V_к \cdot 10^{-6}, \qquad (4.4)$$

где ρ – плотность воды при температуре $t_к$, кг/м^3 (табл. 4.1);

$V_к$ – объем конденсата, см^3.

Таблица 4.1

Зависимость плотности воды от температуры

t, °C	10	20	30	40	50	60	70	80
ρ, кг/м^3	999,6	998,2	995,6	992,2	988,0	983,2	977,7	971,8

При кипении воды в парообразователе испаряется m кг воды. Для сохранения ее постоянного уровня предусмотрен контрольный стакан *10* (рис. 4.1). Из контрольного стакана в водонагреватель поступает m кг воды при температуре $t_{х.в}$, которую необходимо нагреть до температуры парообразования $t_н$=100°С. Количество теплоты $Q_в$ (кДж), затраченное на подогрев замещающей воды, определяется по формуле:

$$Q_в = m \cdot c_р \cdot (t_н - t_{х.в}), \qquad (4.5)$$

где $c_р$ – теплоемкость воды; $c_р$=4,19 кДж/(кг·К).

Количество теплоты $Q_п$ (кДж), идущее на парообразование:

$$Q_п = (Q - Q_в) \cdot \eta, \qquad (4.6)$$

где η – коэффициент полезного действия дистиллятора;

η=0,85.

Погрешность опыта равна:

$$\delta = \frac{r_{эксп} - r_{табл}}{r_{табл}} \cdot 100\,\%, \qquad (4.7)$$

где $r_{табл.}$=2258 кДж/кг.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- заполнить парообразователь водой до уровня, определенного сливной трубкой *9*, впаянной в контрольный стакан *10*. Поступление холодной воды из водопровода необходимо отрегулировать краном *7* так, чтобы она не переливалась через контрольный стакан;
- включить водонагреватель и довести воду до кипения. Дождаться равномерно установившегося стока конденсата;
- направить конденсат в пустую мензурку, и включить секундомер. В журнал наблюдения записать ток и напряжение, подводимые к парообразователю, время, необходимое для сбора 100 мл конденсата, объем и температуру конденсата, температуру сливающейся в канализацию воды. По температуре конденсата определить его плотность (табл. 4.1).
- определить количество подводимой теплоты Q (кДж) по уравнению (4.3);
- определить массу пара m (кг) по уравнению (4.4);
- определить количество теплоты $Q_в$ (кДж) идущей на нагрев замещающей воды по уравнению (4.5);
- определить количество теплоты $Q_п$ (кДж) идущей на парообразование по уравнению (4.6);
- определить удельную теплоту парообразования r (кДж/кг) по уравнению (4.2);
- определить погрешность опыта δ (%) по уравнению (4.7);
- дать анализ полученных данных.

Таблица 4.2

Протокол испытаний

№№ пп	I (А)	U (В)	τ (сек)	$t_{х.в.}$ (°С)	$V_к$ (см^3)	$t_к$ (°С)	ρ (кг/м^3)
1					100		-
2					100		-
3					100		-
Среднее					100		

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- что такое пар и в каких состояниях он может находиться;
- какими параметрами характеризуется пар;
- определение удельной теплоты парообразования и ее составляющих;
- что называют теплотой перегрева пара;

а также **уметь**:

- определять опытным путем удельную теплоту парообразования;
- определять погрешность опыта.

Контрольные вопросы

1. Что называется удельной теплотой парообразования?
2. В чем различие влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара?
3. Как определить внешнюю и внутреннюю теплоту парообразования?
4. Привести примеры использования удельной теплоты парообразования в расчетах.
5. Как определить удельную теплоту парообразования опытным путём?
6. Что называется теплотой перегрева пара?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
ВОДЯНОЙ ПАР. *H,S*-ДИАГРАММА ВОДЯНОГО ПАРА

Цель работы: познакомиться с основными термодинамическими процессами водяного пара на h,s-диаграмме водяного пара; научиться решать задачи с помощью h,s-диаграммы водяного пара.

Общие сведения

Водяной пар используется в паровых турбинах электростанций, в теплообменных устройствах, системах отопления и т.д.

Парообразование – это процесс перехода жидкости в парообразное состояние путём испарения или кипения.

Испарение – это парообразование со свободной поверхности жидкости или твёрдого тела при любой температуре.

Кипение – это парообразование во всём объёме кипящей жидкости при определённом давлении и определённой температуре, называемой ***температурой насыщения*** t_H. Температура насыщения t_H повышается с увеличением давления.

Насыщенным паром называется пар, находящийся в термодинамическом равновесии с жидкостью, из которой он образуется. Динамическое равновесие заключается в том, что число молекул, покидающих кипящую воду, равно числу конденсирующихся молекул, возвращающихся обратно в жидкость.

Влажным насыщенный паром называется двухфазная смесь, представляющая собой пар со взвешенными в нём мельчайшими капельками жидкости.

Сухим насыщенным паром называется пар, в котором отсутствуют взвешенные частицы жидкой фазы.

Степенью сухости пара называется массовая доля сухого насыщенного паря во влажном. Её определяют по формуле

$$x = \frac{m_{с.п.}}{m_{вл.п.}} = \frac{m_{с.п.}}{m_{с.п.} + m_{ж}}, \qquad (5.1)$$

где $m_{вл.п}$ – масса влажного пара, кг;

$m_{с.п}$ и $m_{ж}$ – масса сухого насыщенного пара и масса жидкости во влажном насыщенном паре, кг.

Состояние влажного насыщенного пара однозначно определяется двумя параметрами: давлением пара p_x (или температурой насыщения t_H) и степенью сухости x. Состояние сухого насыщенного пара можно задать любым из параметров: давлением, температурой насыщения или удельным объёмом.

Изобарный процесс увеличения температуры пара выше температуры насыщения t_H называется ***перегревом пара,*** а такой пар в любой точке – ***перегретым.*** Состояние перегретого пара определяется двумя параметрами: p и t, p и v, t и v.

Теплотой парообразования называется теплота, которая необходима для полного превращения в сухой насыщенный пар 1 кг жидкости нагретой до температуры насыщения (кипения) t_H при данном давлении. Удельную теплоту парообразования обозначают буквой r (Дж/кг).

h,s-диаграмма водяного пара

Молье в 1904 году предложил *h,s*-диаграмму водяного пара (рис. 5.1). В *h,s*-диаграмме количество теплоты, участвующей в процессе, изображается отрезками линий на оси удельной энтальпии *h*. Нижняя пограничная кривая *0K* выходит из начала координат.

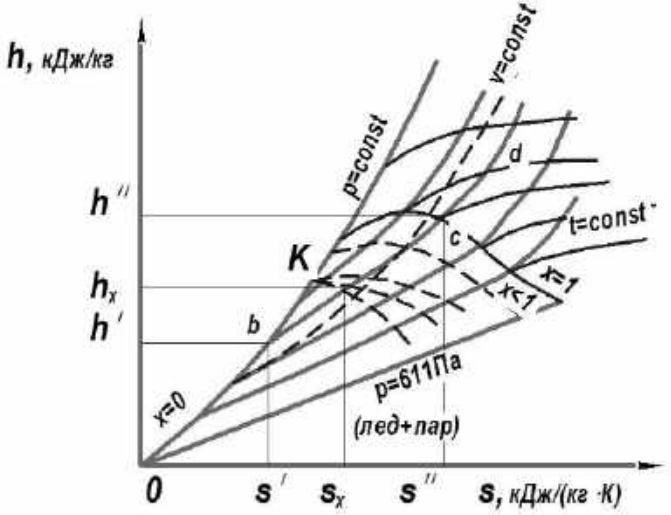


Рис. 5.1. *h,s*-диаграмма водяного пара

Состояние кипящей воды представлено точками на нижней пограничной кривой *0K* на соответствующих изобарах (например, точка *b)*. Изобары в области влажного насыщенного пара совпадают с изотермами и являются прямыми линиями. В области влажного пара линии постоянной степени сухости сходятся в критической точке *K*.

В области перегретого пара изобары имеют кривизну с выпуклостью вниз, а изотермы представляют собой кривые линии, обращённые выпуклостью вверх, причём при сравнительно низких давлениях изотермы в области перегретого пара близки к горизонтальным линиям. На *h,s*-диаграмме нанесены также изохоры *(v=const),* которые поднимаются вверх более круто по сравнению с изобарами. Обычно *h,s*-диаграмму водяного пара с целью увеличения масштаба рабочей части изображают не полностью, а лишь частично (рис. 5.2).

Процессы изменения состояния пара

Обычно рассматривают (рис. 5.2) изохорный (линия *AC*), изобарный (линия *DF*), изотермный (линия *GJ*) и адиабатный (линия *KL*) процессы. Определение параметров пара в этих процессах выполняют с помощью *h,s* -диаграммы.

В изохорном процессе AC при подводе теплоты влажный пар (точка *A)* становится сначала сухим (точка *B)*, а после пересечения изохорой пограничной кривой $x=1$ – перегревается.

В изохорном процессе внешняя работа $A=0$ Дж, следовательно, подведённая теплота расходуется на изменение внутренней энергии:

$$q_{AC} = u_C - u_A = h_C - h_A - v \cdot (p_C - p_A)\text{, Дж/кг.} \quad (5.2)$$

Изобарный процесс DF в области влажного пара протекает при постоянной температуре t_s. В области перегретого пара при подводе теплоты температура пара повышается до температуры $t_{пер}$. При этом энтропия s и энтальпия h пара увеличиваются.

Количество теплоты, подведённое к пару

$$q_{DF} = h_F - h_D\text{, кДж/кг.} \quad (5.3)$$

Изменение внутренней энергии:

$$u_F - u_D = (h_F - p \cdot v_F) - (h_D - p \cdot v_D)\text{, кДж.} \quad (5.4)$$

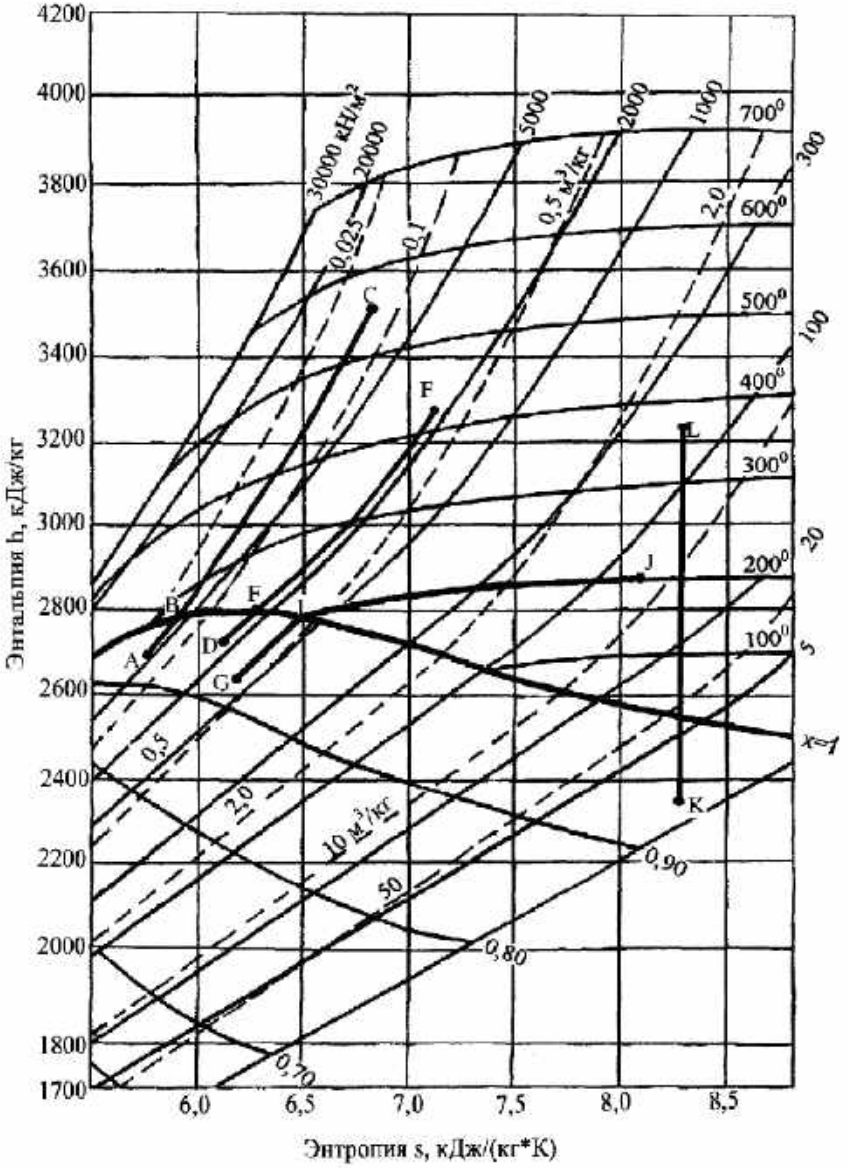


Рис. 5.2. *h,s*-диаграмма водяного пара

Работа изобарного процесса:

$$A_{DF} = p \cdot (v_F - v_D), \text{ кДж.} \quad (5.5)$$

Изотермный процесс GJ в области влажного пара совпадает с изобарным. При *t=const* внутренняя энергия пара Δu_{GJ} определяется по формуле

$$\Delta u_{GJ} = (h_J - p_J \cdot v_J) - (h_G - p_G \cdot v_G), \text{ кДж.} \quad (5.6)$$

Количество подведенной к пару теплоты равно

$$q_{GJ} = T \cdot (s_J - s_G), \text{ кДж/кг.} \quad (5.7)$$

Внешняя работа определяется из уравнения первого закона термодинамики:

$$A_{GJ} = q_{GJ} - \Delta u_{GJ}, \text{ кДж.} \quad (5.8)$$

В обратимом ***адиабатном процессе KL*** *ds*=0. Затраты внешней работы на сжатие равны изменению внутренней энергии:

$$A_{KL} = -\Delta u_{KL} = h_K - h_L - (p_K \cdot v_K - p_L \cdot v_L), \text{ кДж.} \quad (5.9)$$

Аналогично и уравнение для процесса расширения пара.

Укажем, что *h,s*-диаграмма очень удобна для анализа адиабатных процессов и поэтому получила исключительное распространение при выполнении тепловых расчётов.

Решить с помощью *h,s* –диаграммы задачи:

1. Определить температуру, удельный объём, энтальпию и энтропию сухого насыщенного пара при давлении:

Вариант	1	2	3	4	5	6
p, МПа	0,2	0,6	1,0	2,5	3,0	4,0

2. Определите массу 4 $м^3$ водяного пара при следующих параметрах:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t, °C	450	600	520	440	290	480
p, МПа	4	4	2	2	0,5	0,5

3. Определить теплоту, необходимую для перегрева водяного пара, имеющего параметры p=2 МПа и степень сухости x=0,93, если температура перегрева равна:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t2, °C	250	330	360	410	460	500

4. Водяной пар с начальными параметрами p_1=10 МПа и t_1=600°С адиабатно расширяется до давления p_2. Определите полезную внешнюю работу процесса и конечное состояние пара. Конечное давление p_2 равно:

Вариант	1	2	3	4	5	6
p2, МПа	0,4	0,2	0,1	0,05	0,03	0,005

5. При постоянном давлении p=2 МПа к 1 кг сухого насыщенного пара подводится теплота q. Определить конечное состояние и работу совершённую паром, если теплота q равна:

Вариант	1	2	3	4	5	6
q, кДж	200	250	300	350	400	450

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- как изображаются основные термодинамические процессы водяного пара в *h,s*-диаграмме водяного пара;
- состояния водяного пара и их определения;
- формулы для определения теплоты, внутренней энергии и работы в термодинамических процессах водяного пара;

а также **уметь**:

- решать задачи, используя *h,s*-диаграмму водяного пара.

Контрольные вопросы

1. Какие состояния водяного пара вы знаете? Дайте им определения.
2. Что понимают под степенью сухости влажного пара?
3. Объясните *h,s* -диаграмму водяного пара.
4. Напишите формулы для определения работы пара в различных процессах.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
ВЛАЖНЫЙ ВОЗДУХ. *H,D*-ДИАГРАММА ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Цель работы: изучить общие сведения о влажном воздухе, познакомиться с основными термодинамическими процессами влажного воздуха, изучить *h,d*-диаграмму влажного воздуха и научиться решать задачи с помощью *h,d*-диаграммы влажного воздуха и психрометра.

Общие сведения

Влажный воздух представляет собой смесь сухого воздуха и водяного пара. Его широко используют для сушки продуктов сельскохозяйственного производства в качестве рабочего тела.

Содержание водяного пара в атмосферном воздухе колеблется от малых долей до 4% (по массе) и зависит от метеорологических условий и наличия источников испарения воды.

Насыщенным влажным воздухом называется смесь сухого воздуха и насыщенного водяного пара.

Ненасыщенным влажным воздухом называется смесь сухого воздуха и перегретого водяного пара.

Температурой точки росы называется температура, до которой необходимо охладить ненасыщенный влажный воздух, чтобы содержащийся в нем перегретый пар стал насыщенным.

При охлаждении влажного воздуха ниже температуры точки росы происходит конденсация водяного пара. Поэтому температуру точки росы часто используют как меру содержания в воздухе воды в парообразном состоянии.

Абсолютной влажностью называют массу пара в 1 м^3 влажного воздуха, которая численно равная плотности пара $\rho_п$ при парциальном давлении $p_п$.

Относительной влажностью φ называется отношение действительной абсолютной влажности воздуха $\rho_п$, к максимально возможной абсолютной влажности $\rho_н$ при той же температуре:

$$\varphi = \frac{\rho_п}{\rho_н}. \qquad (6.1)$$

При атмосферном давлении парциальное давление пара в насыщенном воздухе мало и его можно считать идеальным газом. Тогда по закону Бойля-Мариотта отношение $\rho_п/\rho_н$ можно заменить отношением давлений $p_п/p_н$, т.е.

$$\varphi = \frac{p_п}{p_н}, \qquad (6.2)$$

где $p_п$ – парциальное давление водяного пара во влажном воздухе, МПа;

$p_н$ – максимально возможное парциальное давление водяного пара при данной температуре, МПа.

Величина φ выражается в процентах или относительных единицах. Для сухого воздуха φ=0. Для насыщенного воздуха φ=100%.

Влагосодержанием d называется отношение массы водяного пара $m_п$, содержащегося во влажном воздухе, к массе сухого воздуха $m_в$:

$$d = \frac{m_п}{m_в}, \qquad (6.3)$$

Влагосодержание измеряется в кг (или г) на 1 кг сухого воздуха.

h,d - диаграмма влажного воздуха

Ряд практических задач в области кондиционирования, сушки материалов, вентиляции и отопления хорошо решается с помощью *h,d* -диаграммы, предложенной Л.К. Рамзиным. В диаграмме энтальпия (1+*d*) кг влажного воздуха (ось ординат) представлена как функция влагосодержания *d*, г/кг (ось абсцисс). Для удобства использования *h,d*-диаграмма построена в косоугольных координатах. Ось абсцисс направлена под углом 135° к оси ординат.

В представленной на рисунке 6.1 диаграмме наклонная ось не показана. Вместо нее из начала координат проведена горизонтальная прямая, на которой даны значения влагосодержания. Таким образом, линии *d=const* – вертикальные прямые, а линии *h=const* – наклонные прямые.

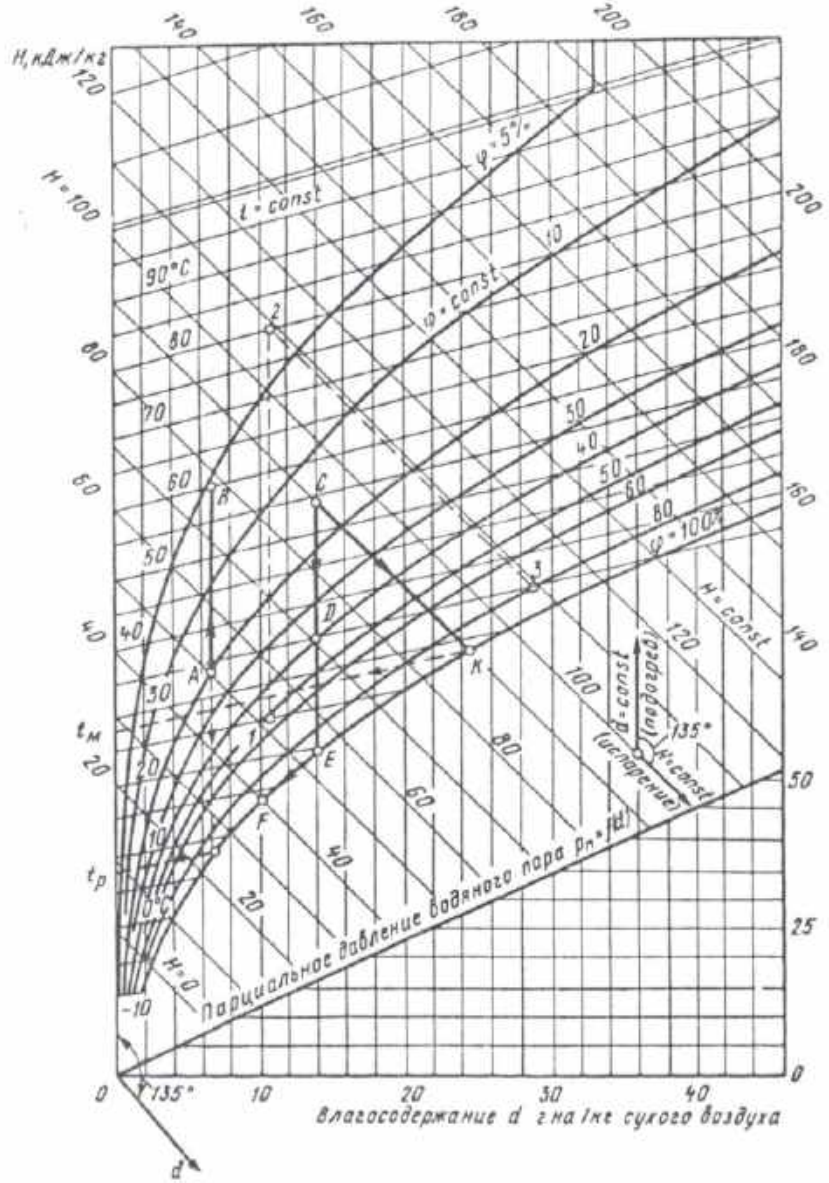


Рис. 6.1. *h,d*-диаграмма влажного воздуха

Изотермы изображаются на диаграмме прямыми линиями. Кроме того, на диаграмме нанесены кривые $\varphi=const$. Кривая φ=100% – кривая насыщения: она является своего рода пограничной кривой, разделяющей область ненасыщенных состояний (вверху) и область тумана (внизу), в котором часть влаги находится в виде пара, а часть – в жидком или твердом состоянии (снег, ледяной туман).

Любая точка в h,d-диаграмме обозначает вполне определенное физическое состояние воздуха, а изменение этого состояния изображается линией процесса.

Так, например, в процессе нагрева воздуха в калорифере (воздухонагревателе) влагосодержание воздуха не изменяется $(d=const)$, поэтому он изображается в h,d-диаграмме вертикальной прямой (линия AB). Количество подведённой при нагреве воздуха теплоты равно:

$$Q = m_в \cdot (h_B - h_A) \text{ , кДж/кг,} \qquad (6.4)$$

где $m_в$ – масса воздуха, проходящего через калорифер, кг.

В процессе охлаждения воздуха в воздухоохладителе при $d=const$ (линия DE) повышается его относительная влажность, и при определенной температуре t_E равной температуре точки росы, воздух становится насыщенным (φ=100%). При дальнейшем охлаждении воздуха будет происходить конденсация водяных паров из него и соответственно осушение воздуха (линия EF). Количество сконденсированной влаги $m_{вл}$ определяется конечной температурой воздуха t_F и выражается разностью влагосодержаний точек E и F.

$$m_{вл} = m_в \cdot (d_E - d_F), \text{ кг.} \qquad (6.5)$$

Воздух может охлаждаться и за счет непосредственного испарения в него воды, имеющей более низкую температуру. Если теплота, необходимая для испарения воды, берется только из окружающего воздуха, то влагосодержание его будет увеличиваться, а температура понижаться. Такой процесс адиабатного охлаждения влажного воздуха пойдет по линии CK при $h=const$, а пределом охлаждения будет адиабатная температура мокрого термометра.

Количество испарившейся влаги $m_{исп}$ равно разности влагосодержаний точек K и C:

$$m_{исп} = m_в \cdot (d_K - d_C), \text{ кг.} \qquad (6.6)$$

Определение параметров влажного воздуха с помощью психрометра и *h,d*-диаграммы

Наиболее распространённым способом определения относительной влажности воздуха является психрометрический. Психрометр состоит из двух одинаковых термометров. Один из них называется ***сухим термометром,*** а его показания – температурой воздуха по сухому термометру. Второй термометр обёрнут мокрой лентой (батист), обеспечивающей непрерывный подвод воды к ртутному шарику, для того, чтобы его поверхность была влажной. Этот термометр называют ***мокрым термометром.*** Испарение влаги с поверхности шарика термометра приведет к его охлаждению, поэтому такой термометр показывает более низкую температуру, чем сухой термометр.

Для уменьшения влияния излучения окружающих предметов на температуру мокрого термометра его обдувают воздухом с помощью вентилятора, имеющего механический привод.

Показания психрометра дают возможность определить по *h,d*-диаграмме относительную влажность и влагосодержание влажного воздуха. Для этого необходимо определить точку пересечения изотермы t_M (мокрого термометра) с изотермой t_C (сухого термометра). Эта точка на *h,d*-диаграмме и определит состояние влажного воздуха в замеряемом объёме.

Решить с помощью h,d–диаграммы следующие задачи:

1. Определить с помощью *hd*-диаграммы теплоту, необходимую для нагревания 10 кг влажного воздуха с начальными параметрами φ_1=40% и t_1=30°С до температуры t_2:

Вариант	1	2	3	4	5	6
t_2, °С	45	55	65	70	80	90

2. Сколько воды испарит 20 кг влажного воздуха с начальными параметрами φ_1=10% и t_1 =40°С, если он будет насыщаться до φ_2?

Вариант	1	2	3	4	5	6
φ_2, %	100	90	80	70	60	50

3. Сколько влаги выделится при охлаждении 30 кг влажного воздуха имеющего начальные параметры t_1=80°С и φ_1=20%, если он будет охлаждаться до температуры t_2?

Вариант	1	2	3	4	5	6
t_2, °С	30	28	25	20	15	10

4. Определить по *hd*-диаграмме энтальпию, парциальное давление, относительную влажность, влагосодержание влажного воздуха. Температуру мокрого термометра t_M и температуру сухого термометра t_C определить с помощью психрометра.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- параметры влажного воздуха и их определения;

а также **уметь**:

- пользоваться психрометром;
- решать задачи, используя *h,d*-диаграмму влажного воздуха.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры влажного воздуха, характеризующие содержание в нём пара, вы знаете? Дайте им определения.
2. Поясните *h,d*-диаграмму влажного воздуха.
3. Что такое температура точки росы и температура мокрого термометра? Как их найти с помощью *h,d*-диаграммы влажного воздуха?
4. Покажите на *h,d*-диаграмме процессы нагрева, охлаждения и конденсации.
5. Каким прибором определяются относительная влажность и влагосодержание влажного воздуха?
6. Поясните порядок работы на психрометре.
7. Почему температура мокрого термометра всегда ниже, чем сухого?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7
ХОЛОДИЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Цель работы: изучить принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и ее цикл в T,s-координатах.

Общие сведения

В сельском хозяйстве и быту искусственный холод широко применяют в качестве эффективного консервирующего средства в технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, так как охлажденные или замороженные продукты сохраняют вкусовые, питательные и потребительские свойства в течение длительного времени.

Процесс получения искусственного холода осуществляется с помощью паровых компрессорных холодильных машин с затратой механической энергии или абсорбционных и пароэжекторных установок, требующих затрат теплоты.

Простейший способ получения температуры рабочего тела ниже температуры окружающей среды заключается в том, что это рабочее тело, называемое иначе ***холодильным агентом (хладоагентом)***, сжимают в компрессоре, затем охлаждают до температуры окружающей среды, после чего заставляют адиабатически расширяться. При этом рабочее тело становится источником получения холода.

Рабочими телами в современных холодильных установках являются пары жидкостей, которые при давлениях, близких к атмосферному, кипят при низких температурах. Примерами таких хладоагентов могут служить аммиак NH_3, сернистый ангидрид SO_2, углекислый газ CO_2, хлорметил CH_3Cl и фреоны – фторхлорпроизводные типа $C_mH_xF_yCl_z$. Температура кипения аммиака при атмосферном давлении составляет -33,5°С, фреона -12…-30°С, сернистого ангидрида – -10°С, хлористого метила около -25°С, а фреона -22…-42°С. При температуре конденсации 20…40°С рабочие давления этих холодильных агентов находятся в пределах 1…6 МПа.

В холодильных установках применяют пары легкокипящих жидкостей высокой степени влажности, поэтому для них неприменимы законы для идеальных газов. Аналитические зависимости между параметрами для этих паров также сложны, как и для

водяного пара, когда он рассматривается как реальный газ. Поэтому при расчетах используют таблицы и диаграммы.

Идеальным циклом для работы паровой компрессорной холодильной установки является обратный цикл Карно. В случае применения легкокипящих жидкостей с целью получения низких температур практически более удобным для регулировки режима работы установки оказывается не адиабатное расширение в цилиндре, а дросселирование насыщенного пара или кипящей жидкости путем пропуска ее через дроссельный вентиль.

На рисунке 7.1 показаны принципиальная схема парокомпрессорной холодильной установки и ее идеальный цикл в T,s-диаграмме.

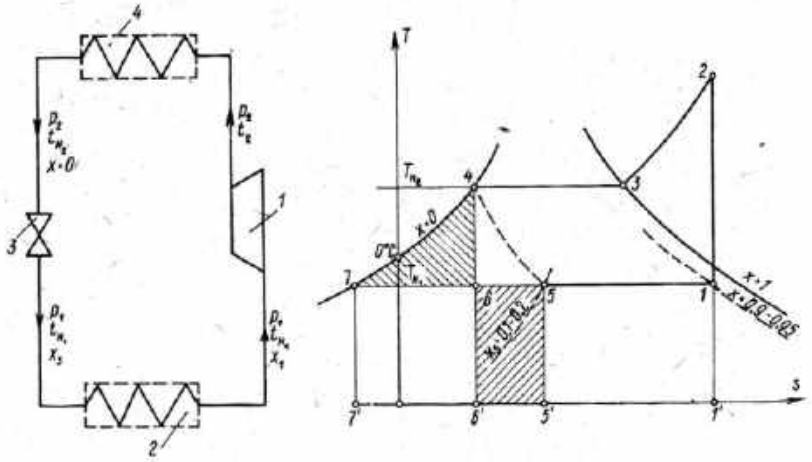


Рис. 7.1. Принципиальная схема парокомпрессорной холодильной установки и ее теоретический цикл в T,s-диаграмме:
1 – компрессор; 2 – охлаждаемое помещение;
3 – дроссельный вентиль; 4 – конденсатор

В компрессоре 1 вследствие затраты механической энергии влажный пар хладоагента сжимается (процесс 1-2) и превращается в сухой насыщенный пар, степень перегрева которого не превышает 130…140°С. Из компрессора перегретый пар с параметрами p_2 и t_2 поступает в конденсатор 4. В конденсаторе при постоянном давлении перегретый пар отдает охлаждающей воде теплоту перегрева (процесс 2-3), температура его становится равной температуре

насыщения $t_{н2}$. Отдавая в дальнейшем теплоту парообразования (процесс 3-4), насыщенный пар превращается в кипящую жидкость (точка 4). Эта жидкость поступает к дроссельному вентилю 3, пройдя через который превращается в насыщенный пар небольшой степени сухости(x_5=0,1…0,2).

Известно, что энтальпия рабочего тела до и после дросселирования одинакова, а давление и температура понижаются. В *T,s*-диаграмме пунктирной линией представлено постоянное значение энтальпии в процессе 4-5; точка 5 характеризует состояние пара после дросселирования. Затем влажный пар поступает в охлаждаемое помещение 2, где при неизменных давлении и температуре он расширяется (процесс 5-1), отнимая определенное количество теплоты от помещения. Степень сухости пара при этом увеличивается до x_1=0,9…0,95. Пар с параметрами состояния, характеризуемыми точкой 1, засасывается в компрессор, и работа установки повторяется.

В практических условиях работы пар после дроссельного вентиля поступает не в охлаждаемое помещение, а в испаритель, где отнимает теплоту рассола, который в свою очередь отнимает теплоту от охлаждаемого помещения. Это объясняется тем, что в большинстве случаев холодильная установка обслуживает ряд потребителей холода, и тогда незамерзающий рассол служит промежуточным хладоносителем, непрерывно циркулируя с помощью насосов между испарителем, где он охлаждается, и специальными воздухоохладителями, которые устанавливают в охлаждаемых помещениях. В качестве рассолов применяют водные растворы хлористого натрия и хлористого кальция, имеющие достаточно низкие температуры замерзания. Растворы пригодны для использования лишь при температурах, превышающих те, при которых они замерзают как однородная смесь, образуя соленый лед (так называемая криогидратная точка). Криогидратной точке раствора *NaCl* с концентрацией 22,4% соответствует температура -21,2°С, а для раствора $CaCl_2$ с концентрацией 29,9% температура -55°С.

Количество теплоты q_2, получаемое 1 кг рабочего тела от охлаждаемого помещения, называется ***удельной холодопроизводительностью***, или ***холодильным эффектом*** установки.

Очевидно, q_2=пл.5-1-1′-5′=i_1-i_5=i_1-i_4. Количество теплоты q_1, отдаваемой 1кг рабочего тела в конденсаторе (по абсолютной величине), измеряется площадью под кривой процесса 2-3-4, т.е.

q_1= пл. 2-3-4-6′-1′=i_2-i_4. Внешняя работа, затрачиваемая в цикле холодильной установки на 1 кг рабочего тела:

$$A = q_1 - q_2 = i_2 - i_4 - i_1 = i_2 - i_1, \text{ кДж.} \qquad (7.1)$$

Разность i_2-i_1, представляет собой внешнюю работу, которую необходимо затратить для получения 1 кг сжатого тела в идеальном компрессоре.

В холодильных установках применяют дроссельный вентиль, а не детандер (расширительный цилиндр), так как потеря эффективности установки от этого не так уж значительна, но зато, регулируя степень открытия вентиля, легко получить требуемое падение давления, а значит, и необходимую температуру в охлаждаемом помещении. Например, для получения температуры -10°С при t_{H2}=20°С различные хладоагенты нужно дросселировать до определенных давлений.

Показателем энергетической эффективности холодильных установок служит ***холодильный коэффициент*** ε, представляющий собой отношение удельной холодопроизводительности q_2 к внешней работе A цикла, т.е.

$$\varepsilon = \frac{q_2}{A} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1}. \qquad (7.2)$$

Чем больше холодильный коэффициент, тем экономичнее будет установка, так как при той же затрате работы холодопроизводительность q_2 будет больше или при том же значении q_2 потребуется затратить меньше энергии для работы компрессора.

Действительный цикл парокомпрессорной установки отличается от теоретического тем, что из-за наличия внутренних потерь на трение в компрессоре сжатие происходит не по адиабате, а по политропе. В результате увеличивается затрата работы в компрессоре и снижается холодильный коэффициент.

К рабочим телам, применяемым в холодильных установках, предъявляется ряд особых требований, вследствие чего значительно сокращается число возможных хладоагентов:

- давление насыщенных паров хладоагента, соответствующее требуемым температурам, должно быть выше атмосферного или близким к нему, так как легче бороться с утечкой хладагента, чем с подсосом воздуха при вакууме;
- нежелательно высокое давление пара при температуре конденсации, так как требуется большая плотность соединений во избежание утечки хладоагента;
- холодильные агенты должны иметь большую теплоту парообразования, ибо она определяет холодопроизводительность в парокомпрессорных установках;
- рабочее давление хладоагентов при обычно применяемой на практике температуре от -30 до +30°С должно быть значительно ниже критического. Критическая температура должна быть высокой;
- хладоагенты не должны обладать коррозирующими свойствами и образовывать со смазкой химические соединения, нарушающие нормальную работу машины;
- хладоагенты не должны оказывать вредного воздействия на обслуживающий персонал при неизбежных на практике небольших утечках их паров.

Широкое применение в качестве хладоагентов получили ***фреоны*** – галоидные производные насыщенных углеродов (C_mH_n), полученные путем замены атомов водорода атомами хлора и фтора.

В холодильных установках в качестве холодильного агента используют обычно фреон-12. Поэтому число 12 в названии этого хладоагента иногда не пишется, а под словом «фреон» имеется в виду фреон-12. В перспективе в качестве хладоагентов будут широко применяться фреон-22 и фреон-142.

Преимущество фреонов – относительная безвредность, химическая инертность, негорючесть и взрывобезопасность, а недостатки – низкая вязкость, способствующая утечкам, а также свойство фреона и масла растворятся друг в друге.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- изучить роль искусственного холода в сельском хозяйстве;
- знать простейший способ получения искусственного холода;

- выполнить схему паровой компрессорной холодильной установки и её теоретический цикл в *T,s*-координатах;
- изучить принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и её теоретический цикл в *T,s*-координатах;
- изучить требования, предъявляемые к рабочим телам холодильных установок;
- изучить преимущества фреонов как рабочих тел холодильных установок.

Результаты проведения занятий

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- типы холодильных установок;
- простейший способ получения искусственного холода;
- принцип работы паровой компрессорной холодильной установки;
- требования, предъявляемые к рабочим телам;
- преимущества фреонов перед другими рабочими телами;

а также **уметь**:

- читать идеальный цикл паровой компрессорной холодильной установки в *T,s*-диаграмме.

Контрольные вопросы

1. В чем заключается простейший способ получения искусственного холода?
2. Назовите основные типы холодильных установок.
3. Какие вещества применяются в качестве холодильных агентов? Каким требованиям они должны удовлетворять?
4. Какой идеальный цикл взят за основу в паровой компрессорной холодильной установке?
5. Рассказать принцип работы паровой компрессорной холодильной установки и ее идеальный цикл в *T,s*-диаграмме.
6. Для чего в холодильных установках применяется незамерзающий рассол? Какие вещества используется для получения рассола?
7. Что называется холодильным эффектом?
8. Что такое холодильный коэффициент и для чего он служит?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛООТДАЧИ ТРУБЫ ПРИ СВОБОДНОМ ДВИЖЕНИИ ВОЗДУХА

Цель работы: экспериментальное определение коэффициента теплоотдачи при свободном движении воздуха, определение связи между общим коэффициентом теплоотдачи, коэффициентом теплоотдачи излучением (лучеиспусканием) и соприкосновением (конвекцией).

Общие сведения

Теплоотдачей называется процесс теплообмена между поверхностью твердого тела и окружающей жидкой или газообразной средой. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя имеет место при нагревании воздуха отопительными приборами, в паровых и водогрейных котлах, в различных тепловых установках.

Количество теплоты, отданное телом воздуху при конвективном теплообмене определяется по формуле Ньютона-Рихмана:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (T_C - T_B), \text{ кДж}, \tag{8.1}$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м^2·К);

F – поверхность теплообмена, м^2;

T_C и T_B – температуры поверхности стенки и окружающей среды, К.

Тогда коэффициент теплоотдачи равен:

$$\alpha = \frac{Q}{F \cdot (T_C - T_B)}. \tag{8.2}$$

Теплота, отдаваемая поверхностью тела в окружающую среду, складывается из теплоты, передаваемой непосредственно соприкосновением среды с поверхностью тела (конвекцией), и из теплоты, передаваемой путем теплового излучения. В связи с этим суммарный коэффициент теплоотдачи равен

$$\alpha_{сум} = \alpha_c + \alpha_л. \tag{8.3}$$

Тепловой поток, передаваемый путем теплового излучения по закону Стефана-Больцмана:

$$Q_Л = C_0 \cdot \varepsilon \cdot F \cdot \left[\left(\frac{T_C}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_B}{100} \right)^4 \right], \text{ Вт}, \qquad (8.4)$$

где C_0 – коэффициент теплового излучения абсолютно черного тела; $C_0 = 5{,}67$ Вт/(м^2·К^4);

ε – степень черноты поверхности тела (таблица 8.1).

Таблица 8.1

Степень черноты полного излучения некоторых материалов

Наименование материала	Температура, °С	Степень черноты
Алюминий с шероховатой поверхностью	26	0,055
Железо полированное	40…260	0,07…0,10
Сталь листовая окисленная	40	0,8
Чугунное литьё	40	0,81

Коэффициент теплоотдачи излучением определяется из уравнения

$$Q_Л = \alpha_Л \cdot F \cdot (T_C - T_B). \qquad (8.5)$$

Коэффициент теплоотдачи соприкосновением зависит от многих факторов: температуры и шероховатости тела, температуры и скорости движения воздуха и др.

Чтобы исследовать влияние на процесс конвективного теплообмена какого-либо фактора, остальные факторы нужно сохранять неизменными, что затруднено из-за большого числа переменных. Эти трудности разрешает теория подобия, с помощью которой размерные физические величины объединяются в безразмерные комплексы. При этом число комплексов меньше числа величин, из которых они составлены.

Таким образом, достаточно найти зависимость между определенными безразмерными комплексами величин, характерных для данного случая теплообмена. Эти комплексы называются ***критериями подобия***.

Такими критериями подобия для случая естественной конвекции являются следующие:

- критерий ***Нуссельта*** или критерий теплоотдачи:

$$N_U = \frac{\alpha_C \cdot l_0}{\lambda_B}, \tag{8.6}$$

где l_0 – определяющий линейный размер, м;

λ_B – коэффициент теплопроводности воздуха, Вт/(м·К) (таблица 8.2);

- критерий ***Прандтля*** или критерий физических свойств жидкости:

$$Pr = \frac{\nu_B}{a_B}, \tag{8.7}$$

где a_B – коэффициент температуропроводности, м^2/с;

ν_B – кинематическая вязкость, м^2/с (таблица 8.2).

Таблица 8.2

Физические параметры сухого воздуха при давлении 101,3 кПа

Температура, К	$\lambda \cdot 10^2$ Вт/(м·К)	$a \cdot 10^6$ м^2/с	$\nu \cdot 10^6$ м^2/с	Pr
273	2,442	19,4	13,28	0,707
283	2,512	20,7	14,16	0,705
293	2,593	22,0	15,06	0,703
303	2,675	23,4	16,00	0,701
313	2,756	24,8	16,96	0,699
323	2,826	26,3	17,95	0,698
333	2,896	27,6	18,97	0,696
343	2,966	29,2	20,02	0,694
353	3,047	30,6	21,09	0,692
363	3,128	32,2	22,10	0,690
373	3,210	33,6	23,13	0,688

- критерий ***Рейнольдса*** или критерий характера движения жидкости:

$$Re = \frac{w_0 \cdot l_0}{\nu_B}, \tag{8.8}$$

где w_0 – средняя (линейная) скорость жидкости, м/с.

- критерий ***Грасгофа*** или критерий подъемной силы:

$$Gr = \frac{g \cdot \Delta T \cdot l_0^3}{T_B \cdot \nu_B^2}, \tag{8.9}$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2;

ΔT – расчетный температурный напор, град;

$$\Delta T = T_C - T_B, \text{ К}, \tag{8.10}$$

где T_B – определяющая температура для выбора λ, ν, Pr.

Описание лабораторной установки

Лабораторная работа состоит (рис. 8.1) из вертикальной *1* и горизонтальной *4* труб, выполненных из нержавеющей стали, внутри которых находятся электронагреватели (ТЭНы). Диаметр труб d=0,045 м, длина труб l=0,5 м.

Температуру поверхности каждой трубы измеряют в трёх точках термопарами t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, подключаемыми поочередно переключателем *3* к мультиметру *7*. Температура окружающей среды замеряется термопарой t_7. Данная лабораторная работа позволяет определять коэффициент теплоотдачи при свободном движении воздуха как вертикальной трубы, так и горизонтальной. Для переключения нагрузки с вертикальной трубы на горизонтальную предназначен переключатель силовой линии *2*. Автотрансформатор *6* подключен к сети переменного тока напряжением 220В, он позволяет регулировать степень нагрева труб.

Порядок выполнения работы

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться с лабораторной установкой и изучить ее схему. Выбрать трубу (вертикальную или горизонтальную) для

проведения опыта и определения коэффициента теплоотдачи, установив переключатель *2* в нужное положение;

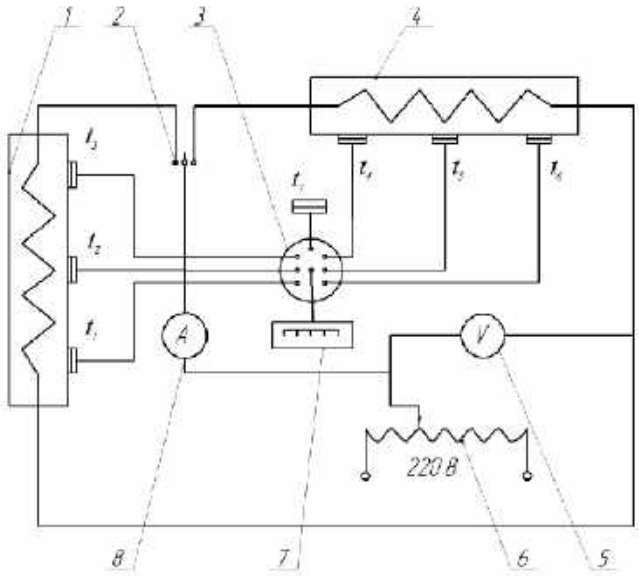


Рис. 8.1. Схема установки для определения коэффициента теплоотдачи воздуха:
1 – вертикальная труба с ТЭНом; 2 – переключатель силовой линии; 3 – переключатель датчиков температуры; 4 – горизонтальная труба с ТЭНом; 5 – вольтметр; 6 – трансформатор; 7 – мультиметр; 8 – амперметр; t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 – датчики температуры (термопары)

- прогреть трубу до стационарного режима. Для этого включить установку в сеть, трансформатором установить на нагревателе напряжение 90В, нагреть установку до температуры наружной поверхности трубы 60°С и трансформатором установить напряжение 30В;
- через 5 минут, при достижении стационарного режима, измерить в трёх точках температуру поверхности трубы, а также напряжение, силу тока и температуру окружающего воздуха. Результаты измерений занести в протокол испытания (таблица 8.3). Измерения необходимо провести три раза с интервалом 5 минут;

Таблица 8.3

Протокол испытания

№№ пп	I (А)	U (В)	Температура воздуха t_B, °С	Температура поверхности стенки t_C, °С		
			t_1			
1						
2						
3						
Среднее						

- определить площадь поверхности трубы F (м^2);
- определить полный тепловой поток Q (Вт), излучаемый поверхностью теплоотдачи по уравнению

$$Q = U_{ср} \cdot I_{ср} \text{ , Вт,} \qquad (8.11)$$

- определить полный коэффициент теплоотдачи α (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.2);
- определить тепловой поток, передаваемый путем теплового излучения $Q_Л$ (Вт), по закону Стефана-Больцмана из уравнения (8.4);
- определить коэффициент теплоотдачи $\alpha_Л$ (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.5);
- определить критерий Грасгофа Gr из уравнения (8.9);
- определить режим движения воздуха по величине произведения $(Gr \cdot Pr)$: если $10^3 < Gr \cdot Pr < 10^9$, то режим движения ламинарный; если $Gr \cdot Pr > 10^9$, то режим движения турбулентный.
- определить критерий Нуссельта:

для ламинарного режима движения:

$$Nu = 0{,}76 \cdot (Gr_B \cdot \mathrm{Pr}_B)^{0{,}25} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_B}{\mathrm{Pr}_{CT}}\right)^{0{,}25}, \qquad (8.11)$$

для турбулентного режима движения:

$$Nu = 0{,}15 \cdot (Gr_B \cdot \mathrm{Pr}_B)^{0{,}33} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_B}{\mathrm{Pr}_{CT}}\right)^{0{,}25}; \qquad (8.12)$$

- определить коэффициент теплоотдачи соприкосновением α_c (Вт/(м^2·К)) из уравнения (8.6);
- определить суммарный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{СУМ}$ (Вт/(м^2·К) из уравнения (8.3);
- сравнить суммарный коэффициент теплоотдачи $\alpha_{СУМ}$, с коэффициентом теплоотдачи α, определенный по формуле (8.2).

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- закон Ньютона-Рихмана;
- коэффициент теплоотдачи и факторы, влияющие на него;
- теорию подобия и критериальные уравнения;
- критерии подобия и их уравнения;

а также **уметь**:

- определять суммарный коэффициент теплоотдачи на лабораторной установке;
- пользоваться теорией подобия для определения коэффициента теплоотдачи соприкосновением;
- определять коэффициент теплоотдачи излучением.

Контрольные вопросы

1. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
2. Какие факторы влияют на коэффициент теплоотдачи?
3. Как упрощает теория подобия методику по определению коэффициента теплоотдачи?
4. Какова сущность критериев подобия?
5. Какой вид имеет критериальное уравнение при свободном конвективном теплообмене?
6. Какая температура называется определяющей при выборе физических параметров воздуха?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9
ИСПЫТАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА

Цель работы: определить коэффициенты теплопередачи рекуперативного теплообменного аппарата для прямотока и противотока.

Общие сведения

Теплообменные аппараты предназначены для передачи теплоты от одной среды к другой. Различают регенеративные, рекуперативные и смесительные теплообменные аппараты.

В ***регенеративных*** теплообменных аппаратах горячий и холодный теплоносители по очереди омывают одну и ту же поверхность теплообмена, которая называется аккумулятором теплоты.

В ***рекуперативных*** теплообменных аппаратах перенос теплоты осуществляется через разделяющую теплоносители стенку.

В ***смесительных*** теплообменных аппаратах теплота передается в процессе смешивания теплоносителей.

Прямоток – движение двух теплоносителей в теплообменном аппарате параллельно друг другу в одном и том же направлении.

При ***противотоке*** теплоносители движутся параллельно друг другу в противоположных направлениях.

Тепловой поток (Вт), воспринимаемый вторичным теплоносителем водонагревателя через цилиндрическую поверхность теплообмена длиной l (м), определяют из уравнения теплопередачи:

$$Q = \pi \cdot k_l \cdot l \cdot \Delta t_{cp}, \text{ Вт}, \qquad (9.1)$$

где k_l – линейный коэффициент теплопередачи, Вт/(м·К);

Δt_{cp} – средний температурный напор по всей поверхности теплообмена, °С.

Числовое значение линейного коэффициента теплопередачи определяет количество теплоты, передаваемой в единицу времени через один погонный метр трубы при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в один градус.

Линейный коэффициент теплопередачи k_l (Вт/(м К)) при установившемся тепловом состоянии определяют по формуле:

$$k_l = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \frac{1}{2 \cdot \lambda} \cdot \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}}, \text{ Вт/(м К)}, \qquad (9.2)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи на горячей и холодной стороне трубы, Вт/(м^2·К);

λ – коэффициент теплопроводности стенки трубы, Вт/(м·К);

d_1 и d_2 – внутренний и наружный диаметры трубы, м.

Средний температурный напор равен:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\tau_1 - \tau_2}{\ln \frac{\tau_1}{\tau_2}}, \text{ °C}, \qquad (9.3)$$

где τ_1 и τ_2 – разности между температурами теплоносителей с одной и второй стороны теплообменного аппарата, °С.

Значения τ_1 и τ_2 определяют (рис. 9.1) по формулам:

для прямотока $\tau_1 = t_1' - t_2', \qquad \tau_2 = t_1'' - t_2''$; (9.4)

для противотока $\tau_1 = t_1' - t_2'', \qquad \tau_2 = t_1'' - t_2'$, (9.5)

где t_1' и t_1'' – начальная и конечная температуры горячего теплоносителя, °С;

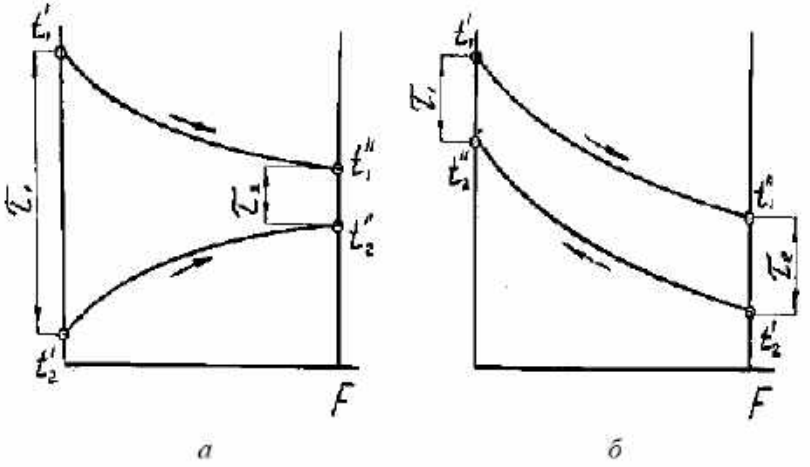
t_2' и t_2'' – начальная и конечная температуры холодного теплоносителя, °С.

Значение Q из уравнения (9.1) можно определить также из формулы теплового баланса:

$$Q = m_{1\tau} \cdot c_1 \cdot (t_1' - t_1'') = m_{2\tau} \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2'), \text{ Вт}, \qquad (9.6)$$

где $m_{1\tau}$ и $m_{2\tau}$ – массовые расходы горячего и холодного теплоносителей, кг/с;

c_1 и c_2 – удельные массовые теплоемкости теплоносителей. Для воды c=4,19 кДж/(кг·К).



а *б*

Рис. 9.1. Характер изменения температур рабочих жидкостей:
а – при прямотоке; *б* – при противотоке

Приравнивая правые части уравнений (9.1) и (9.6), находим выражение для определения коэффициента теплопередачи водонагревателя:

$$k_l = \frac{m_{2\tau} \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2')}{\pi \cdot l \cdot \Delta t_{cp}}, \text{ Вт/(м·К)}. \qquad (9.7)$$

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 9.2) выполнена в виде простейшего водоводяного теплообменника, состоящего из двух труб длиной l=1140 мм (латунной и полипропиленовой, помещенных одна в другую). Циркуляционный контур горячей воды включает в себя электрический водонагреватель *5*, латунную трубу теплообменника *2*, центробежный насос *6* и расширительный сосуд *1*.

Холодная вода, поступающая через вентиль *B5*, фильтр *4* и расходомер *3*, нагревается в пространстве между трубками теплообменника и стекает в канализацию. При работе установки по прямоточной схеме движения теплоносителей открыты вентили *B1*, *B3* и *B5*, по противоточной схеме – вентили *B2*, *B4* и *B5*.

Массовый расход нагреваемой воды измеряют при помощи расходомера *3* и секундомера. Для замера температуры горячего и холодного теплоносителей на входе и выходе используются термометры сопротивления t_1, t_2, t_3 и t_4.

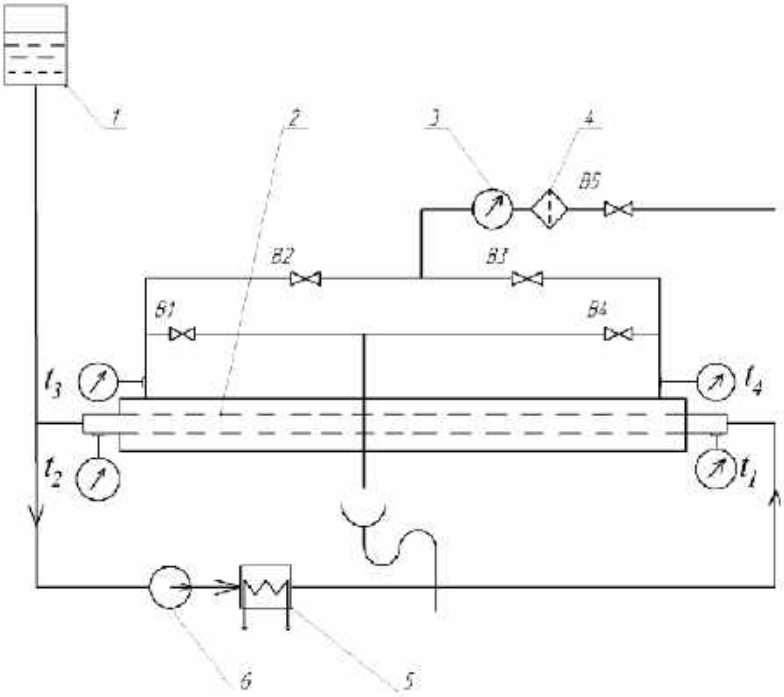


Рис. 9.2. Схема установки по испытанию теплообменного аппарата:
1 – расширительный сосуд; 2 – теплообменник; 3 – расходомер; 4 – фильтр; 5 – электрический водонагреватель; 6 – насос; *B1, B2, B3, B4, B5* – вентили; t_1, t_2, t_3, t_4 – термометры

Порядок выполнения работы

При испытании установки на прямотоке выполнить следующие операции:

- открыть последовательно вентили *B1*, *B3* и *B5* для пуска холодной воды в установку;
- включить электрический водонагреватель *5* и насос *6*, прогреть установку до наступления установившегося режима, характеризующегося постоянством во времени температуры горячей

воды. На входе в подогреватель температура горячей воды должна быть в пределах 58…60°С;

- определить время расхода 2 л холодного теплоносителя.

Таблица 9.1

Протокол испытаний

Схема движения теплоносителей	№ Опыта	τ, сек	m_2 кг	$m_{2\tau}$ кг/с	Температура теплоносителя				Δt_{cp} град	k_t Вт/(м·К)
					горячего		холодного			
					t'_1	t''_1	t'_2	t''_2		
Прямоток	1		2	-					-	-
	2		2	-					-	-
	3		2	-					-	-
	среднее		2							
Противоток	1		2	-					-	-
	2		2	-					-	-
	3		2	-					-	-
	среднее		2							

В протокол записать: продолжительность опыта τ, показания температур горячего и холодного теплоносителей при входе и выходе в теплообменный аппарат. Опыт повторить три раза.

При испытании установки на противотоке выполнить следующие операции:

- открыть вентили *B2* и *B4* и закрыть вентили *B1* и *B3*. Добиться установившегося режима;
- провести три опыта по методике, изложенной для прямотока;
- по окончании испытаний на противотоке отключить электронагреватель и насос и закрыть вентиль *B5*.

Определить средние температурные напоры, используя средние значения температур теплоносителей Δt_{cp} для прямотока и противотока.

Определить секундные расходы холодного теплоносителя по выражению $m_{2\tau} = \dfrac{m_2}{\tau}$ для прямотока и противотока.

Определить коэффициент теплопередачи k при работе на прямотоке и противотоке по уравнению (9.7).

Выполнить в масштабе температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов по опытным данным (рис. 9.1).

Дать анализ значений k и $\Delta t_{ср}$, полученных для прямотока и противотока.

Результаты проведения занятия

После выполнения работы студент должен **знать**:

- типы теплообменных аппаратов;
- виды движения теплоносителей;
- уравнения теплопередачи, теплового баланса;
- температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов;

а также **уметь:**

- определять средний температурный напор для прямоточного и противоточного движения теплоносителей;
- определять линейный коэффициент теплопередачи;
- строить температурные графики прямоточного и противоточного теплообменных аппаратов по опытным данным;
- анализировать результаты полученных опытных данных.

Контрольные вопросы

1. Какова физическая сущность коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата?
2. Как графически изображается изменение температуры теплоносителей в прямоточном и противоточном теплообменных аппаратах?
3. В чем преимущество противоточной системы по сравнению с прямоточной?
4. Как определить средний температурный напор по всей поверхности нагрева?
5. Какие уравнения используются при расчете теплообменных аппаратов?
6. Какой теплообменный аппарат называют рекуперативным, регенеративным, смесительным?
7. В чём различие определения коэффициента теплопередачи теоретическим и опытным путём?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10
ПРИБОРЫ И УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ. ГРАДУИРОВКА ТЕРМОМЕТРА СОПРОТИВЛЕНИЯ

Цель работы: изучить способы и средства измерения температуры в технологических производственных процессах, познакомиться с характеристиками качества измерительных приборов, изучить принцип работы и устройство термометра сопротивления, выполнить его градуировку.

Общие сведения

В технологических производственных процессах теплотехнические измерения служат для повседневного контроля над работой агрегатов, а также для проведения испытаний и наладочных работ. Качество измерительных приборов определяется точностью показателей, чувствительностью и инерционностью.

Точность характеризует отклонение показания прибора от действительного значения измеряемой величины.

Чувствительностью прибора называется отношение линейного или углового перемещения стрелки прибора к изменению значения измеряемой величины, вызвавшему это перемещение.

Инерционностью называется время от момента изменения измеряемой величины до момента отклонения стрелки прибора.

Погрешностью измерения называется числовая ошибка, возникающая при измерениях.

Абсолютная погрешность (Δ) определяется разностью между показанием прибора ($X_п$) и действительным (истинным) значением измеряемой величины ($X_д$), т.е. применительно к термометру:

$$\Delta = X_п - X_д, \text{ °C}. \qquad (10.1)$$

Относительная погрешность показания прибора (δ) – это отношение абсолютной погрешности (Δ) к истинному значению измеряемой величины ($X_д$), т.е.

$$\delta = \frac{\Delta}{X_д}. \qquad (10.2)$$

Допускаемая норма погрешности для технических измерений называется ***допустимой погрешностью***. В зависимости от размера относительной допустимой погрешности всем приборам согласно ГОСТ 13600-68 «Государственная система обеспечения единства измерений. Средства измерений. Классы точности. Общие требования» присваивается класс точности: 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0, что соответствует допустимой погрешности прибора ±0,2%, ±0,5%, ±1,0% и т.д.

В зависимости от назначения приборы делятся на три категории: рабочие, образцовые и эталоны.

Рабочие приборы служат для повседневных измерений.

Образцовые приборы предназначены для проверки градуировок рабочих приборов и должны иметь погрешность в 4…5 раз меньше допустимой погрешности испытуемого прибора.

Эталонами называются измерительные приборы, служащие для поверки приборов высшего разряда и хранения единиц измерения с наивысшей точностью.

Приборы и устройства для измерения температуры

Жидкостные стеклянные термометры расширения применяют для измерения температур от -200 до +750°С. Для заполнения жидкостных термометров используют ртуть, этиловый спирт, керосин, толуол, пентан и др.

В ***манометрических термометрах*** используют зависимость между температурой и давлением рабочего вещества в замкнутой герметичной системе. В качестве рабочего вещества могут применять жидкости (ртуть, ксилол, метиловый спирт), газы (азот, аргон и др.), пары легкокипящих жидкостей (метилхлорид, этилхлорид, ацетон и др.) В зависимости от рабочего вещества термосистемы их применяют для измерения температуры от -150 до +1000°С.

Термоэлектрический пирометр состоит из электроизмерительного прибора и подключенной к нему термопары. Принцип действия термопары основан на том, что в спае двух разнородных проводников при нагревании возникает термоэлектродвижущая сила (т.э.д.с.), которая зависит от материала проводников и температуры спая.

Промышленностью выпускаются следующие термопары:

- платина-платинородиевые ТПП (для измерения температур до 1600°С длительно и 1900°С кратковременно);

- хромель-алюмелевые ТХА (для измерения температур от -50 до +1000 °С длительно и до 1300 °С кратковременно);
- хромель-копелевые ТХК (для измерения температур от -50 до +600°С длительно и до 800°С кратковременно);
- медь-константовые ТМК (до 350°С длительно и до 500°С кратковременно).

Пирометры излучения применяют при измерении температур от 300 до 6000°С и выше. Их действие основано на использовании различных свойств теплового излучения тел. С увеличением температуры нагретого тела и изменением его цвета возрастает интенсивность (яркость) излучения, а также количество энергии, излучаемой телом (радиации). Эти свойства нагретых тел используют для измерения их температуры. В зависимости от принципа действия пирометры излучения делятся на оптические и радиационные.

Биметаллические термометры состоят из биметаллической пластинки, сваренной из двух слоев металлов с различными коэффициентами линейного расширения, и измерительного прибора. При измерении температуры окружающей среды биметаллическая пластинка изгибается в сторону металла с меньшим коэффициентом линейного расширения, а угол изгиба зависит от изменения температуры.

Электрические термометры сопротивления применяют для измерения температур от -260 до +750°С. Принцип действия этих приборов основан на свойстве проводников изменять электрическое сопротивление в зависимости от температуры. Чувствительный элемент прибора представляет собой катушку из тонкой проволоки, которую для защиты от механических повреждений заключают в защитную гильзу. Для измерения сопротивления чувствительного элемента его включают в уравновешивающий мост (рис. 10.2) или используют потенциометры и логометры.

Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 10.1) состоит из камеры нагревания *1*, в которой помещены термометр сопротивления *2* и ртутный термометр *3*, являющийся образцовым. Температуру в камере изменяют с помощью нагревателя *5*.

Термометр сопротивления подключен к измерительному уравновешивающему мосту *4*.

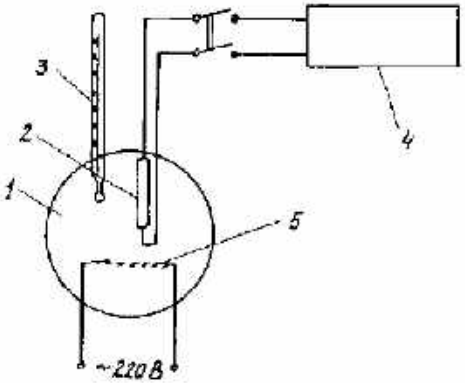


Рис. 10.1. Схема лабораторной установки:
1 – камера нагрева; 2 – термометр сопротивления; 3 – ртутный термометр;
4 – уравновешивающий мост; 5 – нагреватель

В уравновешивающем мосту (рис. 10.2) сопротивления R_1, R_2 и R_3 постоянные, R_t – термометр сопротивления, R_p – реохорд.

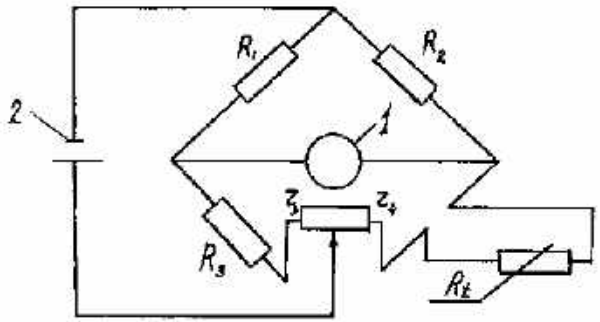


Рис. 10.2. Принципиальная схема термометра сопротивления
с уравновешивающим мостом:
1 – гальванометр; 2 – источник постоянного тока

При изменении температуры изменяется сопротивление чувствительного элемента R_t, при этом нарушается равновесие моста, что фиксируется гальванометром *1*. Измерение температуры можно производить со шкалы гальванометра, проградуированной в градусах Цельсия, или со шкалы реохорда. В этом случае перед

каждым измерением необходимо мост балансировать. Питание прибора осуществляется от источника постоянного тока *2*. Для изготовления чувствительных элементов применяют платину, никель, железо, вольфрам, молибден, медь.

Градуировка термометра сопротивления заключается в снятии зависимости между температурой и электрическим сопротивлением.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- ознакомиться с устройством термометра сопротивления;
- ознакомиться с лабораторной установкой;
- до включения нагревательного шкафа измерить температуру в камере нагрева ртутным термометром и сопротивление с помощью уравновешивающего моста. Результаты измерений внести в протокол испытаний;
- включить нагреватель в сеть и измерять сопротивления через каждые 10°С при следующих значениях температуры (20, 30, 40, … , 80°С). Данные измерений занести в протокол испытаний (табл. 10.1);

Таблица 10.1

Протокол испытаний

Показатели ртутного термометра, °С	$t_н$	20	30	40	50	60	70	80
Величина сопротивления, Ом	$R_{tн}$							

- определить температурный коэффициент сопротивления α_t из формулы (10.3):

$$R_{tк} = R_{tн} \cdot \left[1 + \alpha_t \cdot (t_к - t_н)\right], \qquad (10.3)$$

где $R_{tн}$ и $R_{tк}$ – сопротивление термометра при начальной и конечной температурах, Ом;

$t_н$ и $t_к$ – соответственно начальное и конечное значение показаний термометра, °С;

- зарисовать принципиальную схему термометра сопротивления с уравновешивающим мостом (рис. 10.2);

- построить график градуировки термометра сопротивления. Чтобы погрешность при работе с графиком была минимальная, градуировочную линию необходимо построить под углом 45°. Для этого масштабы температуры и сопротивления нужно выбрать так, чтобы рабочие длины шкалы ординат и шкалы абсцисс были одинаковы;
- дать анализ графика и сделать вывод по работе.

Результаты проведения работы

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- способы и средства измерения температуры в технологических производственных процессах;
- показатели, характеризующие качество измерительных приборов;
- классы точности приборов;

а также **уметь**:

- правильно подбирать измерительные приборы в зависимости от заданной точности измерения;
- измерять температуру различных тел;
- выполнить градуировку термометра сопротивления.

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия термометров расширения, манометрических термометров, термоэлектрических пирометров, пирометров излучения, биметаллических термометров и термометров сопротивления.
2. Какими показателями характеризуется качество измерительных приборов?
3. В чем заключается разница между абсолютной и относительной погрешностями?
4. Укажите классы точности приборов, применяемых при лабораторных исследованиях.
5. Сделайте сравнительный анализ использования различных приборов для измерения температуры.
6. Назовите достоинства и недостатки термометров сопротивления.
7. Какими измерительными приборами производится измерение сопротивления термометра?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 11
ТЕПЛОВОЙ СЧЁТЧИК.
УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ

Цель работы: изучить принцип измерения тепловой энергии в системах водяного теплоснабжения, устройство и принцип работы теплового счётчика.

Общие сведения

Теплосчётчик предназначен для измерения количества тепловой энергии и теплоносителя в системах водяного теплоснабжения, в системах горячего водоснабжения (ГВС), и количества воды в системах холодного водоснабжения (ХВС).

Теплосчётчик обеспечивает:

- программное конфигурирование системы измерения и алгоритмов расчёта с учётом типа контролируемой системы теплопотребления или источника тепловой энергии, и количества каналов измерения объёмного расхода, температуры и давления теплоносителя;
- ввод в память тепловычислителя ТВ и использование в расчётах договорных значений температуры холодной воды;
- ввод и редактирование градуировочных коэффициентов и параметров ВЭПС-М, ДТ и ДД;
- защиту архивных данных и параметров настройки от несанкционированного доступа;
- защиту от сбоев аппаратного и программного обеспечения ТВ и автоматическую диагностику неисправностей и нештатных ситуаций.

Конфигурирование системы измерения и алгоритмов расчёта, ввод договорных значений температуры холодной воды, редактирование градуировочных коэффициентов и параметров осуществляется как с клавиатуры ТВ, так и с персонального компьютера ПК через интерфейс RS-232.

Теплосчётчик обеспечивает вывод на жидкокристаллический индикатор тепловычислителя следующей информации:

- накопление количества тепловой энергии;
- накопление массы теплоносителя (нарастающим итогом);
- значение тепловой мощности, текущего значения температуры, объёмного и массового расходов теплоносителя;
- разности температур в подающем и обратном трубопроводах;

- давление теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;
- плотности и энтальпии теплоносителя в трубопроводах;
- скорости потока теплоносителя в проточных частях ВЭПС-М;
- времени наработки и текущего времени в энергонезависимом таймере реального времени.

Теплосчётчик обеспечивает архивирование следующей информации:

- почасового и посуточного количества тепловой энергии (нарастающим итогом);
- почасовых значений температуры теплоносителя и почасовых значений разности температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах;
- почасовой и посуточной накопленной массы и объёма теплоносителя (нарастающим итогом);
- почасовой и посуточной тепловой мощности теплоносителя;
- почасового и посуточного массового и объёмного расхода теплоносителя;
- времени наработки (нарастающим итогом);
- коды неисправностей и нештатных ситуаций.

Глубина архива составляет: почасового – не менее 1080 часов (45 суток); посуточного – не менее 90 суток. Данные архива могут быть просмотрены на ЖКИ ТВ, распечатаны на принтере и считаны в ПК по интерфейсу RS-232. При отключении питания архивные данные, градуировочные коэффициенты ВЭПС-М, ДТ и ДД, а также параметры настройки теплосчётчика сохраняются в течение всего срока службы, а измеренные параметры теплоносителя – не менее двух лет при соблюдении правил хранения и транспортировки.

Устройство и принцип действия теплосчётчика

Теплосчётчик представляет собой многофункциональную многоканальную систему, которая выполняет измерение, регистрацию, обработку, хранение и передачу результатов измерений (через интерфейс) параметров и количества теплоносителя, количества тепловой энергии в одной, двух или трёх системах теплопотребления, или на одном источнике тепла.

Принцип действия теплосчётчика (рис. 11.1) основан на измерении объёмного расхода, температуры и давления теплоносителя в трубопроводах системы теплоснабжения с последующим расчётом массы теплоносителя, тепловой мощности и накопленной тепловой энергии по алгоритмам, соответствующим контролируемой системе.

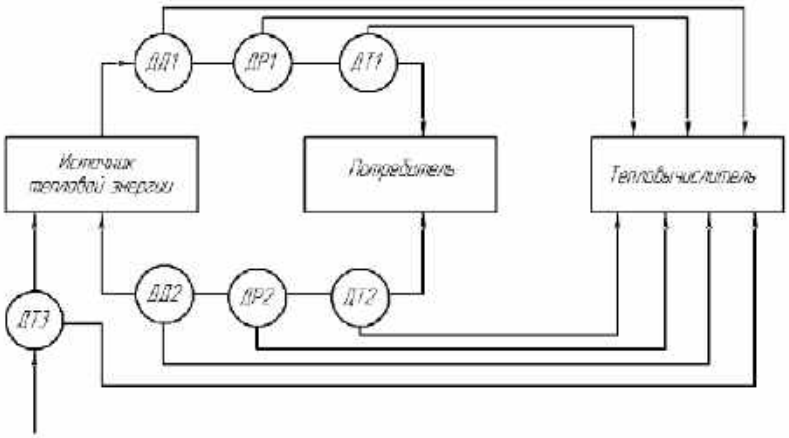


Рис. 11.1. Схема теплопотребления с датчиками ТВ:
ДД1, ДД2 – датчики давления; ДТ1, ДТ2, ДТ3 – датчики температуры; ДР1, ДР2 – датчики объёмного расхода

Каналы теплосчётчика для измерения расхода, температуры и давления теплоносителя состоят из преобразователя, линии связи и канала ТВ для измерения соответствующего параметра теплоносителя.

Объёмный расход теплоносителя измеряют вихревым электромагнитным преобразователем объёмного расхода ВЭПС-М, который состоит из вихревого электромагнитного преобразователя (ВЭП) и усилителя формирователя импульсов (УФИ).

ВЭП с внутренним условным диаметром Ду 20, 25, 32, 40, 50, 80, 100, 150 мм представляет собой отрезок трубы из нержавеющей немагнитной стали марки 12Х18Н10Т с узлами крепления, внутри которого размещено тело обтекания призматической формы (рис. 11.2). За телом обтекания по направлению движению потока жидкости расположен сигнальный электрод. На внешней

стороне стенки трубы расположен контейнер с постоянным магнитом и стойка, на которой крепится коробка с УФИ.

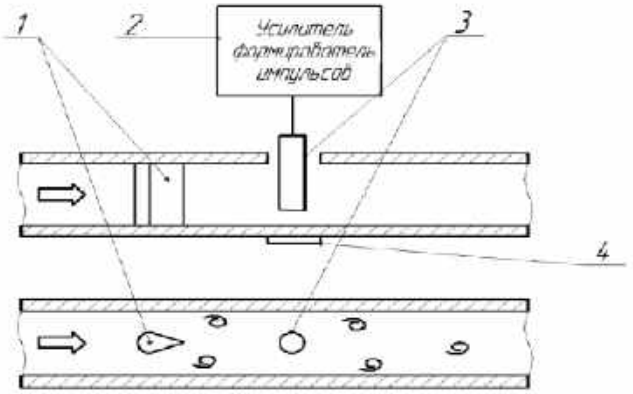


Рис. 11.2. Вихревой электромагнитный преобразователь объёмного расхода ВЭПС-М:
1 – тело обтекания; 2 – усилитель формирователь импульсов; 3 – сигнальный электрод; 4 – постоянный магнит

Принцип действия ВЭПС-М заключается в следующем. При движении жидкости в проточной части ВЭПС-М на передней стороне тела обтекания *1* создаётся повышенное, а на задней – пониженное давление. Пограничный слой, обтекающий это тело, отрывается от него и под влиянием пониженного давления за телом обтекания изменяет направление движения, образуя вихрь. Образование вихрей с одной и с другой стороны тела обтекания происходит поочерёдно, образуя за ним вихревую дорожку Кармана. Вихри, следующие в потоке пропорционально скорости движения жидкости, регистрируются электродом *3*, находящемся в поле постоянного магнита *4*. Наведённая электродвижущая сила с частотой вихреобразования поступает с электрода по линии связи на вход УФИ *2*, который усиливает и формирует частотно-импульсный электрический сигнал.

Температуру теплоносителя измеряют ДТ, в качестве которых используют платиновые термопреобразователи сопротивлений ТСП, подключаемые к ТВ по четырёхпроводной схеме. Для защиты ТСП от разрушения при больших скоростях потока теплоносителя их помещают в защитную гильзу на трубопроводе.

Давление теплоносителя измеряют датчиком давления ДД, который преобразует измеряемое давление в унифицированный сигнал постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА.

Тепловычислитель ТВ теплосчётчика выполнен в пластмассовом корпусе, внутри которого расположена печатная плата микропроцессора. К ней ленточным кабелем подключены двухстрочный шестнадцатиразрядный ЖКИ и клавиатура, расположенные на лицевой панели. На левой стенке размещён разъём интерфейса RS-232. Кабели от ДР, ДТ и ДД подводятся к клеммным колодкам через гермовводы, расположенные на нижней стенке корпуса.

Кроме этого в тепловычислитель ТВ входят следующие узлы:

- центральный процессор с энергонезависимой памятью и вспомогательными схемами;
- таймер реального времени;
- супервизор питания;
- четыре гальванически развязанных источника питания;
- источник резервного питания.

Работа ТВ управляется центральным процессором на основе алгоритмов, записанных в постоянной памяти (ПЗУ). В энергонезависимой памяти хранятся введённые параметры, характеризующие конкретный узел учёта: конфигурация узла учёта, наличие тех или иных преобразователей и их градуировочные параметры. Введённые параметры могут быть выведены на ЖКИ или ПК, вычисленные параметры могут быть выведены на ЖКИ, принтер или ПК. Настройка ТВ и управление работой теплосчётчика осуществляется с клавиатуры или с ПК через интерфейс RS-232.

Тепловую энергию, потреблённую в открытых системах теплоснабжения, определяют как результат косвенных измерений по уравнению (11.1)

$$Q = M_1 \cdot (h_1 - h_x^x) - M_2 \cdot (h_2 - h_x^k), \text{ ГДж}, \qquad (11.1)$$

где M_1 и M_2 – масса теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, т;

h_1 и h_2 – энтальпия теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, ГДж/т;

h_x^k – условное (договорное с энергоснабжающей организацией) значение энтальпии холодной воды, ГДж/т.

Значение энтальпии и плотности определяются методом линейной интерполяции хранящихся в памяти ТВ значений энтальпий и плотности воды при давлении 0,5 МПа для температур в диапазоне от 5 до 150°С с шагом 1°С.

Значения параметров M_1, M_2, h_1, h_2 и h_x^x вычисляет теплосчетчик на основании данных, записанных с датчиков ДР, ДТ и ДД, а также введённых в память ТВ градуировочных коэффициентов и параметров ВЭПС-М, ДТ и ДД.

Супервизор питания обеспечивает выполнение следующих функций:

- сброс центрального процессора при включении и понижении напряжения ниже допустимого уровня;
- переключение на резервное питание для обеспечения сохранности накопленных в ОЗУ данных и сохранения работоспособности таймера реального времени при отключении основного источника питания;
- защиту от ошибочной записи в ОЗУ при снижении напряжения питания ниже допустимого уровня;
- защиту от сбоев в работе центрального процессора.

Все измерительные входы ТВ жестко привязаны к преобразователям, установленным на трубопроводах контролируемой системы теплоснабжения. ТВ производит идентификацию трубопроводов по условно присвоенным им номерам от 1 до 6. Таким образом, номера измерительных входов ТВ соответствуют определённым номерам трубопроводов.

Монтаж и демонтаж теплосчётчика должны производить квалифицированные специалисты в строгом соответствии с инструкцией.

Запрещено размещать ВЭПС-М в зонах возможного затопления в результате протечек трубопроводов или запорной арматуры.

При установке ВЭПС-М на трубопровод необходимо обеспечить защиту коробки УФИ от механических воздействий.

В месте установки ВЭПС-М необходимо наличие прямолинейных участков с диаметром, соответствующим Ду преобразователя, и длиной не менее 5 Ду до и 2 Ду после ДР.

ВЭПС-М должен быть установлен на горизонтальном, наклонном (восходящем) или вертикальном участке трубопровода при соблюдении условий полного заполнения водой его проточной

части. Вертикальное или наклонное расположение ВЭПС-М на трубопроводе, где поток теплоносителя движется снизу вверх, наилучшим образом обеспечивает заполнение проточной части ДР. В случае горизонтальной установки необходимо помещать ВЭПС-М в наиболее низкой части трубопровода, где проточная часть ДР всегда будет полностью заполнена теплоносителем.

Расстояние от ТВ до ДР, ДТ и ДД должно быть таким, чтобы длина соединительных кабелей не превышала 100 м.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- назначение теплового счётчика;
- назначение и принцип действия вихревого электромагнитного преобразователя объёмного расхода ВЭПС-М;
- устройство и принцип действия тепловычислителя;
- правила монтажа преобразователя расхода и тепловычислителя;
- уравнение расчёта тепловой энергии, потреблённой в системах теплоснабжения.

Контрольные вопросы

1. Для чего предназначен тепловой счётчик?
2. Какие функции выполняет тепловой счётчик?
3. Какую информацию тепловой счётчик выводит на ЖКИ?
4. Какую информацию архивирует тепловой счётчик?
5. На чём основан принцип действия теплосчётчика?
6. Расскажите устройство и принцип действия вихревого электромагнитного преобразователя объёмного расхода ВЭПС-М.
7. Из каких узлов состоит тепловычислитель?
8. Как работает ТВ и по какому алгоритму вычисляет потреблённую тепловую энергию?
9. В чём разница открытых и закрытых систем теплоснабжения?
10. Какие функции обеспечивает супервизор питания?
11. Расскажите правила монтажа ВЭПС-М.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 12
СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ С ЕСТЕСТВЕННОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ

Цель работы: изучить систему отопления с естественной (гравитационной) циркуляцией и сравнить однотрубную и двухтрубную системы. Экспериментально определить циркуляционное давление.

Общие сведения

Отопление применяют для компенсации тепловых потерь помещения в холодное время года и обеспечения в нем заданной температуры. Водяное отопление с естественной циркуляцией характерно для зданий с индивидуальной котельной. Схема простейшей системы гравитационного отопления представлена на рисунке 12.1.

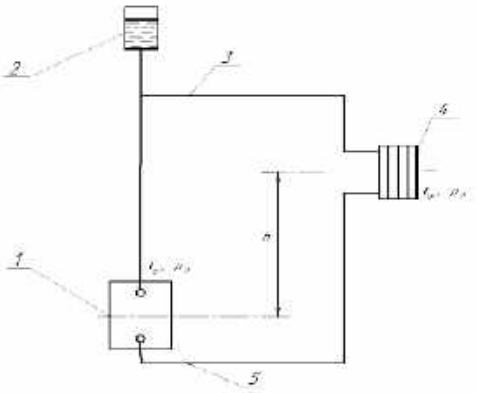


Рис. 12.1. Схема простейшей системы отопления:
1 – котел; 2 – расширительный сосуд; 3 – магистраль горячей воды;
4 – нагревательный прибор; 5 – магистраль холодной воды

Вода нагревается в котле *1* от t_o до $t_г$, в нагревательном приборе *4* охлаждается от $t_г$ до t_o. Величину гравитационного давления (Па) можно определить по формуле

$$p = 9{,}81 \cdot (\rho_o - \rho_г) \cdot h, \text{ Па}, \qquad (12.1)$$

где $(\rho_o - \rho_г)$ – разность плотностей, охлажденной и горячей воды, кг/м^3 (табл. 12.1);

h – вертикальное расстояние между серединами высот котла и нагревательного прибора, м.

Таблица 12.1

Зависимость плотности воды от температуры

t, °C	10	20	30	40	50	60	70	80
ρ, кг/м^3	999,6	998,2	995,6	992,2	988,0	983,2	977,7	971,8

Системы водяного отопления квалифицируются:

- по способу циркуляции (*гравитационные и насосные*);
- по схеме разводки трубопроводов в помещениях (*вертикальные и горизонтальные*);
- по способу транспортировки теплоносителя (*двухтрубные и однотрубные*);
- по схеме присоединения нагревательных приборов (*параллельно или последовательно*);
- по местонахождению магистралей в здании (*с верхней или нижней разводкой*).

Основное достоинство двухтрубной системы – поступление воды с наивысшей температурой к каждому нагревательному прибору. Однако при двухтрубной системе значителен расход труб и фасонных частей. Применяются двухтрубные системы в основном в зданиях до двух этажей.

Описание лабораторной установки

Установка состоит (рис. 12.2) из котла *1*, системы трубопроводов, расширительного бака *2* и нагревательных приборов A, B, C и D. В качестве теплоносителя в данной лабораторной установке используется вода.

Правая часть установки выполнена в виде двухтрубной системы отопления с верхней разводкой с нагревательными элементами С и Д, а левая часть в виде однотрубной системы с нагревательными элементами А и В, имеющими замыкающие участки.

Нагрев воды в котле ЭВАН-С1 осуществляется электронагревателем мощностью 3 кВт. Диапазон регулируемых температур теплоносителя в пределах от 30 до 85°С устанавливается терморегулятором. В восьми точках системы отопления измеряется температура термометрами сопротивления t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 и t_8. Температура теплоносителя на выходе из котла замеряется манометром-термометром *5*.

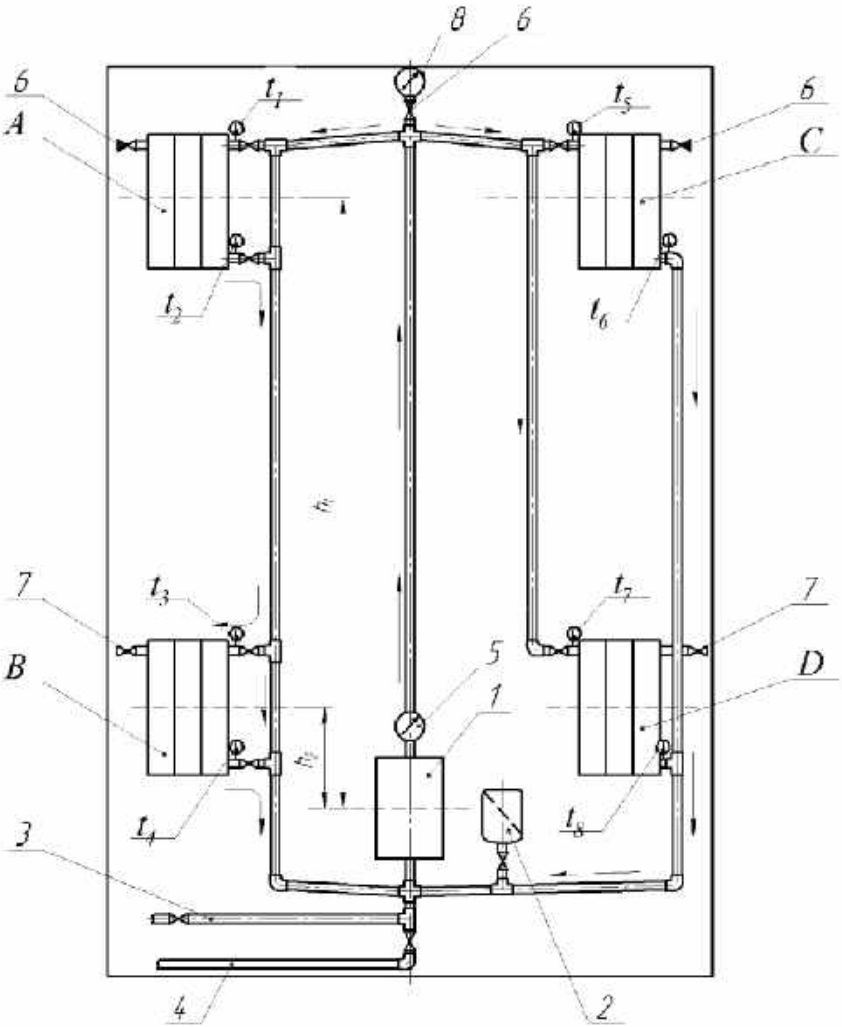


Рис. 12.2. Схема лабораторной установки:
1 – котел ЭВАН-С1-3-30; 2 – расширительный сосуд; 3 – линия подпитки; 4 – линия слива; 5 – манометр-термометр; 6 – автоматический клапан сброса воздуха; 7 – кран Маевского; 8 – предохранительный клапан с манометром; A, B, C, D – нагревательные приборы; t_1, t_2, t_3, t_4, t_5, t_6, t_7 и t_8 – датчики температуры с термометрами сопротивления

Расширительный сосуд *5* мембранного типа. Группа безопасности включает в себя предохранительный клапан *8* с манометром, рассчитанный на давление не более 0,4 МПа.

Для заполнения системы отопления водой используется линия подпитки *3*. Для сброса воздуха предусмотрены автоматические клапаны *6* и краны Маевского *7*. Для освобождения системы отопления от теплоносителя используется линия слива *4*.

Порядок выполнения работы

Для выполнения лабораторной работы необходимо:

- проверить наличие воды в системе отопления с помощью крана Маевского *7* и манометров *5* и *8*;
- включить установку в сеть и установить терморегулятор ручкой «Температура» на температуру 70°С;
- когда температура теплоносителя достигнет установленного значения измерить её в девяти точках системы отопления на входе и выходе нагревательных приборов A, B, C и D и записать в журнал наблюдений. Опыт повторить три раза, измеряя температуру каждый раз после отключения электронагревателя;
- подсчитать среднее значение температур в котле и каждом нагревательном приборе;
- определить среднюю плотность воды в котле и каждом нагревательном приборе по формуле:

$$\rho_{24} = \rho_{20} - \frac{\rho_{20} - \rho_{30}}{10} \cdot 4, \text{ кг/м}^3; \qquad (12.2)$$

- подсчитать гравитационное давление для каждого циркуляционного кольца по формуле (12.1);
- дать сравнительную оценку результатов экспериментальных данных.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать:**

- способы осуществления циркуляции в системе отопления;
- классификацию систем водяного отопления;

а также **уметь**:

- проводить эксперимент по сравнению однотрубной и двухтрубной систем отопления;
- вычислять гравитационное давление в системе отопления на основе опытных данных.

Таблица 12.2

Протокол испытания

Место измерения	Номер точки	Температура, °С				Плотность воды, кг/м^3	h (м)	Гравитационное давление, (Па)
		1	2	3	среднее			
	2							
Котел	1						-	-
A	2						1,58	
B	3						0,48	
	4							
C	5						1,58	
	6							
D	7						0,48	
	8							

Контрольные вопросы

1. За счет чего осуществляется циркуляция воды в системе отопления с естественной циркуляцией?
2. Для чего необходим расширительный сосуд в системе отопления?
3. Какой вред приносит воздух в системе отопления и откуда он берется?
4. Как подсчитать гравитационное давление в системе отопления?
5. Рассказать порядок выполнения работы.
6. Как классифицируются системы водяного отопления?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 13.
КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ

Цель работы: изучить котельные установки, применяемые в сельском хозяйстве.

Общие сведения

В сельском хозяйстве нашей страны используется большое количество паровых и водогрейных котельных установок.

Котельной установкой называется комплекс агрегатов и устройств, предназначенных для получения пара и (или) горячей воды за счёт сжигания топлива.

Любая котельная установка состоит из котельного агрегата и вспомогательного оборудования.

Котельный агрегат (котёл) – это устройство, в котором непосредственно вырабатывается пар или горячая вода. Он состоит из топочного устройства, трубной системы, пароперегревателя, водяного экономайзера, воздухоподогревателя, обмуровки, газоходов, арматуры и каркаса.

К ***вспомогательному оборудованию*** относятся дымовой и дутьевой вентиляторы, питательные и водоподготовительные установки, система топливоподачи.

Топочное устройство предназначено для сжигания топлива с целью выделения заключенного в нем тепла. По способу сжигания топлива все топочные устройства делятся на слоевые и камерные.

В ***слоевых топках*** осуществляется сжигание твердого кускового топлива в слое, лежащем на колосниковой решетке.

В ***камерных топках*** производится сжигание газообразного, жидкого и пылевидного топлива во взвешенном состоянии.

Пароперегреватель обеспечивает нагрев пара выше температуры насыщения, получаемой в паровом пространстве котла.

Водяной экономайзер позволяет использовать теплоту уходящих дымовых газов для подогрева питательной воды и за счет этого экономить топливо.

Воздухоподогреватель подогревает воздух, улучшает условия сгорания топлива, увеличивает температуру горения и коэффициент полезного действия установки.

Обмуровкой котельного агрегата называют ограждающие стенки, отделяющие его внутреннюю высокотемпературную часть

от окружающей наружной среды. Обмуровка выполняется из кирпича, имеющего небольшую теплопроводность и обладающего достаточной прочностью и температуроустойчивостью.

К ***арматуре котлов*** относятся: водоуказательные приборы, служащие для контроля уровня воды в котле; предохранительные клапаны; манометры; термометры; тягомеры, служащие для измерения разрежения в топках и газоходах; инжекторы, служащие для подачи воды в котел за счет струи пара; расходомеры.

Экраном называется ряд вертикально расположенных труб, служащих для предохранения основных кипятильных труб от сгорания.

Водяным объемом называется внутренняя часть объема котла, всегда заполненная водой до определенного уровня.

Паровым объемом называется часть внутреннего объема котла, которая при работе постоянно заполнена паром.

Зеркалом испарения называется поверхность кипящей воды в барабане, отделяющая водяной объем от парового.

Поверхностью нагрева называется поверхность металлических стенок котла, омываемая с одной стороны водой, а с другой – газами. Поверхность нагрева подсчитывается со стороны, обогреваемой газами.

Поверхность нагрева, воспринимающая лучистое тепло горящего топлива, называется ***радиационной поверхностью нагрева***.

Поверхность нагрева, воспринимающая тепло дымовых газов путем соприкосновения с ними, называется ***конвективной***.

Огневой линией называется линия, отделяющая обогреваемую газами поверхность от необогреваемой.

Для предохранения котла от разрушения в случае взрыва газовоздушной смеси предусмотрен взрывной предохранительный клапан.

Классификация котлов

По конструктивному исполнению паровые котлы бывают газотрубными и водотрубными. В ***газотрубных котлах*** дымовые газы проходят внутри труб, а вода омывает их снаружи; в ***водотрубных котлах***, наоборот, вода проходит внутри труб, а дымовые газы обогревают их снаружи.

По конструкции и характеру расположения трубных пучков и их объединения в общую систему водотрубные котлы принято

разделять на ***горизонтально-водотрубные*** и ***вертикально-водотрубные***.

Паровые котлы по давлению пара делятся на 4 группы: низкого давления (0,8…1,6 МПа), среднего давления (2,4…4 МПа), высокого давления (10…14 МПа), закритического давления (25…31 МПа).

Паровой котел КВ-300М

Котел КВ-300М (рис. 13.1) состоит из двух цилиндров разного диаметра, вставленных один в другой и соединенных между собой торцовыми днищами. Внутренний цилиндр представляет собой жаровую трубу *3* диаметром d=900 мм, изготовленную из стали толщиной δ=5 мм. В передней части размещена топка, а в задней части находятся кипятильные трубы *7*. Для защиты труб от пережога и улучшения процесса горения топлива перед ними установлен экран *11* из шамотных кирпичей, закрывающий нижнюю половину жаровой трубы.

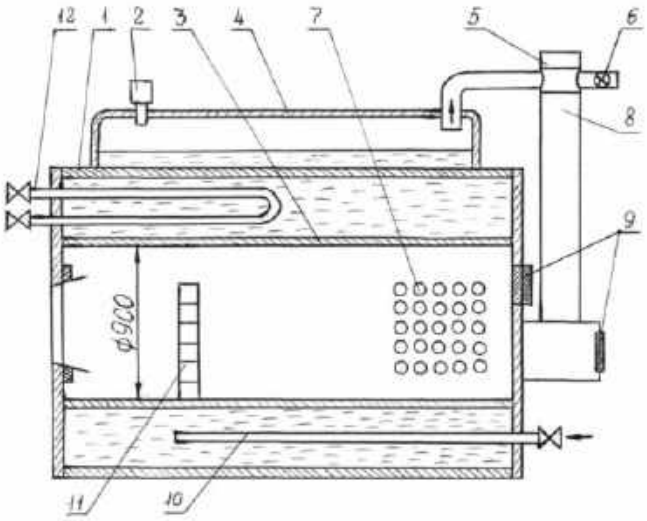


Рис.13.1. Схема парового котла КВ-300М:
1 – барабан; 2 – предохранительный клапан; 3 – жаровая труба; 4 – паросборник; 5 – дымовая труба; 6 – отвод пара из котла; 7 – кипятильные трубы; 8 – пароперегреватель; 9 – взрывные клапаны; 10 – труба подпитки; 11 – экран из шамотных кирпичей; 12 – водоводяной подогреватель

К наружному цилиндру (барабану) *1* котла сверху приварен паросборник *4*, который сообщается с пароводяным пространством котла через отверстия, сделанные в верхней части барабана по его образующей. На паросборнике установлены манометр и предохранительный клапан *2*.

Вода для питания котла поступает из водопровода или от насоса через питательную трубу *10*. В кипятильных трубах вода подогревается до кипения и образует пар. Насыщенный пар из паросборника поступает в пароперегреватель *8* и далее к тепловым потребителям.

Котел КВ-300М имеет тепловую мощность 298 кВт, паропроизводительность 0,4 т/ч, температуру перегретого пара 130°С, избыточное давление пара 0,069 МПа и КПД 85%.

Водогрейный котел RIELLO RTQ

Водогрейные котлы классифицируют: по роду металла, из которого они изготовляются, на чугунные и стальные, по теплопроизводительности, температуре подогреваемой воды и давлению. Чугунные водогрейные котлы надежно работают только на твердом топливе, а при переводе на жидкое или газообразное топливо быстро выходят из строя из-за появления трещин в секциях.

Основное преимущество стальных водогрейных котлов по сравнению с чугунными – экономичность и надежность в эксплуатации.

Стальные котлы марки RIELLO RTQ (рис. 13.2) имеют горизонтальную инверсионную камеру сгорания с концентрическим расположением дымогарных труб. Эти котлы служат для нагрева воды в теплофикационных целях и имеют высокий КПД. Они предназначены для обогрева помещений и для производства горячей сантехнической воды. Для этого котёл комплектуют бойлером. Котлы работают под наддувом, что обеспечивает равномерность распределения теплового потока в камере сгорания.

Геометрическая форма топочного пространства котла специально разработана для достижения оптимального соотношения между объёмом камеры сгорания и поверхностью теплообмена. Материалы подобраны таким образом, чтобы обеспечить максимальный срок службы котла.

Внутри дымогарных труб находятся турбуляторы, изготовленные из нержавеющей стали, позволяющие регулировать

давление в камере сгорания и температуру дымовых газов. Они равномерно распределяют тепловую нагрузку и оптимизируют работу горелки.

Принцип работы водогрейного котла RIELLO RTQ заключается в следующем (рис. 13.2). Вода из системы отопления через обратный трубопровод *5* поступает в корпус водогрейного котла, равномерно распределяется по всей его цилиндрической поверхности и вдоль неё направляется к прямому трубопроводу *8*. В процессе движения вода забирает теплоту дымовых газов через радиационную (цилиндрическую поверхность камеры сгорания *11*) и конвективную (боковую поверхность дымогарных трубок *9*) поверхности нагрева.

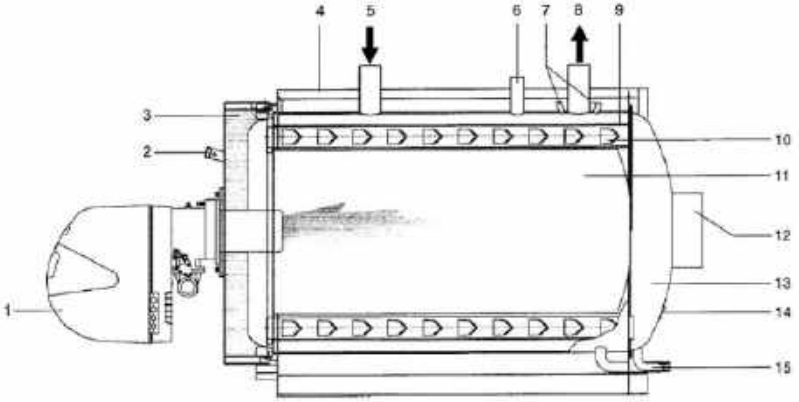


Рис. 13.2. Схема стального котла марки RIELLO RTQ:
1 – горелка; 2 – глазок контроля пламени со штуцером для измерения давления; 3 – дверца; 4 – облицовка; 5 – трубопровод обратный; 6 – место присоединения группы безопасности; 7 – гильзы для датчиков приборов контроля и регулирования; 8 – трубопровод подачи; 9 – трубы дымовые; 10 – турбуляторы; 11 – камера сгорания; 12 – место присоединения дымохода; 13 – камера дымосборная; 14 – дверца для проверки; 15 – слив конденсата

Газ, поступающий в горелку *1*, смешивается с воздухом и направляется в камеру сгорания *11*. Вентилятор горелки обеспечивает интенсивное перемешивание газа с воздухом и полное его сгорание в процессе движения от передней к задней стенке котла. Горящая струя движется вдоль оси камеры сгорания, доходит до задней стенки, которая имеет сферическую форму, и меняет направление движения. Дымовые газы вдоль цилиндрической

поверхности камеры сгорания возвращаются в переднюю часть котла, отдавая теплоту через стенку воде. Далее по дымогарным трубкам *9* они поступают в дымосборную камеру *13* и через дымоход удаляются в атмосферу. Турбуляторы *10* регулируют давление в камере сгорания и улучшают конвективный теплообмен между дымовыми газами и водой, находящейся внутри котла.

Для контроля пламени горелки служит глазок *2*. К штуцеру *6* присоединяется автоматический воздушный клапан, предохранительный клапан и расширительный бак системы отопления, которые обеспечивают безопасность работы котла.

Корпус котла имеет хорошую теплоизоляцию (обмуровку), состоящую из стекловаты высокой плотности. Для удобства и простоты технического обслуживания и операций по очистке внутренних элементов котла он имеет дверцу на передней панели и дверцу на дымосборной камере.

Котлы RIELLO RTQ работают на газе, дизельном топливе и мазуте. Для каждого топлива устанавливается свой тип горелки.

Котлы RIELLO RTQ выпускаются семнадцать моделей мощностью от 100 до 1500 кВт. В таблице 13.1 приведены технические характеристики моделей котлов малой, средней и большой мощности.

Таблица 13.1

Технические характеристики котлов RIELLO RTQ

Показатели	Размерность	Модель котла RIELLO RTQ		
		100	500	1500
Топливо	-	Газ/дизельное топливо/мазут		
Максимальная полезная мощность	кВт	105,3	587,9	1798
КПД при максимальной мощности	%	92,6	92,5	92,6
Общая поверхность теплообмена	$м^2$	2,8	14,76	43,6
Температура дымовых газов на выходе	°С	>160		
Максимальное рабочее давление	МПа	0,5		
Максимальная рабочая температура воды в котле	°С	105		
Водяной объём котла	$м^3$	109	534	1432
Вес котла без облицовки	кг	215	875	2660

В процессе эксплуатации котла RIELLO RTQ необходимо ежегодно удалять с поверхностей нагрева углеродистые соединения. Эта операция позволяет поддерживать теплотехнические

характеристики котла и продлить срок его службы. Чистка котла осуществляется с помощью специального ерша и происходит при открытой передней дверце *3* и снятых турбуляторах *10*.

Порядок выполнения работы

Для выполнения работы необходимо:

- изучить общие сведения о котлах;
- изобразить схему парового котла КВ-300М, изучить его устройство и принцип действия;
- изобразить схему водогрейного котла RIELLO RTQ, изучить устройство и принцип действия;
- записать технические характеристики изученных котлов и дать их сравнительную оценку.

Результаты проведения занятия

После выполнения лабораторной работы студент должен **знать**:

- общие сведения о котельных установках и котлах;
- классификацию котлов;
- основные параметры котлов;
- элементы котельного агрегата и принцип работы котлов;
- устройство и принцип работы парового котла КВ-300М, водогрейного котла RIELLO RTQ.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы котельного агрегата и поясните их назначение.
2. Приведите классификацию паровых и водогрейных котлов.
3. Назовите основные параметры, характеризующие работу котлов.
4. Для чего служат топочные экраны?
5. Что такое поверхность нагрева, огневая линия, зеркало испарения, паровое и водное пространство котла?
6. Назовите элементы котлов, входящие в их арматуру.
7. Расскажите принцип работы парового котла КВ-300М.
8. Объясните принцип работы водогрейного котла RIELLO RTQ.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Болдашев, Г. И. Теплотехника : методические указания / Г. И. Болдашев, Н. Г. Болдашева, М. В. Борисова. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2010. – 85 с.

2.Ларикoв, Н. Н. Теплотехника : учебник / Н. Н. Ларикoв. – М. : Стройиздат, 1985. – 432 с.

3. Мазур, Л. С. Техническая термодинамика и теплотехника : учебник / Л. С. Ларикoв. – М. : ГЕОТАР-МЕД, 2003. – 352 с.

4. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие / Н. И. Смирнов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. – Ставрополь : изд-во СКФУ, 2014. – 226 с.

5. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учебник / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. – М. : Академия, 2004. – 464 с.

6. Тепло- и водоснабжение сельского хозяйства : справочник / Под ред. С. П. Рудобашты. – М. : Колос,1997. – 509 с.

7. Теплотехнический справочник / Под общ. ред. В. Н. Юренева, П. Д. Лебедева. – М. : Энергия, 1975. – 444 с.

8. Теплотехника : учебник / Под общ. ред. В. И. Крутова. – М. : Машиностроение, 1986. – 432 с.

9. Луканин, В. Н. Теплотехника : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, М. Г. Шатров, Г. М. Крамер [и др.]; Под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2002. – 671 с.

10. Чечеткин, А. В. Теплотехника : учеб. для хим.-техно. спец. вузов / А. В. Чечеткин, Н. А. Занемонец. – М. : Высш. шк., 1996. – 344 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Общие указания по выполнению лабораторных работ по теплотехнике 4
Правила техники безопасности при выполнении лабораторных работ 5
Лабораторная работа №1. Исследование изотермического процесса 6
Лабораторная работа №2. Исследование изобарного процесса 12
Лабораторная работа №3. Определение теплоёмкости методом динамического калориметрирования 17
Лабораторная работа №4. Определение удельной теплоты парообразования 22
Лабораторная работа №5. Водяной пар. h,s-диаграмма водяного пара 27
Лабораторная работа №6. Влажный воздух. h,d-диаграмма влажного воздуха 33
Лабораторная работа №7. Холодильные установки 39
Лабораторная работа №8. Определение коэффициента теплоотдачи трубы при свободном движении воздуха 45
Лабораторная работа №9. Испытание теплообменного аппарата 52
Лабораторная работа №10. Приборы и устройства для измерения температуры. Градуировка термометра сопротивления ... 58
Лабораторная работа №11. Тепловой счетчик. Устройство и принцип работы 64
Лабораторная работа №12. Система отопления с естественной циркуляцией 71
Лабораторная работа №13. Котельные установки 76
Рекомендуемая литература 83

Учебное издание

Составители:

Болдашев Геннадий Иванович
Быченин Александр Павлович
Черников Олег Николаевич

Теплотехника

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 13.04.2020. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 4,99; печ. л. 5,31.
Тираж 50. Заказ № 54.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

О. М. Парфенов, С. А. Иванайский,
М. А. Канаев, С. В. Денисов

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Методические указания для выполнения лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 631.3(0.75)
ББК 40.70.07
П18

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Парфенов, О .М.

П18 Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания / О. М. Парфенов, С. А. Иванайский, М. А. Канаев, С. В. Денисов. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 56 с.

В методических указаниях разработаны лабораторные работы на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин на лабораторных установках, разработанных на кафедре. Приведены варианты конкретных заданий.

Издание предназначено для студентов, обучающихся по специальности 35.03.06. «Агроинженерия».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Парфенов О. М., Иванайский С. А.,
Канаев М. А., Денисов С. В., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями типовой программы по изучению дисциплины.

Цель издания методических указаний – закрепление теоретических знаний обучающихся и получение навыков определения необходимых значений экспериментальных данных, используемых при проектировании рабочих органов сельскохозяйственных машин в целом, их узлов, с последующим их использованием в расчетах технологических и эксплуатационных параметров проектируемой машины.

Лабораторные работы разработаны на основе курса лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин и литературных источников, указанных в рабочей программе по изучаемому курсу.

Все лабораторные установки, используемые для получения необходимых показателей, разработаны и изготовлены на кафедре СХМ и МЖ ФГБОУ ВО Самарского ГАУ, а лабораторная работа № 7 выполняется с использованием серийной машины заводского изготовления. Отчет по выполненной работе представляется в письменном виде, и должен содержать ответы на пункты, указанные в конце каждой работы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1
Изучение физико-механических свойств почвы и их использование при расчете параметров полевой доски и тягового сопротивления плуга

Цели работы: изучить с основными физико-механическими свойствами почвы и методикой их определения; изучить с приборами и оборудованием для определения твердости почвы и коэффициента трения.

Приборы и оборудование: твердомер Ревякина; установка для определения коэффициента трения; технические весы; гири 1, 2, 3, 4, 5 кг.

Почва представляет собой трехфазную дисперсную среду, обладающую целым рядом физико-механических свойств. Эти свойства обуславливают силовую характеристику рабочих органов почвообрабатывающих машин и орудий, что определяет энергетические и технико-экономические показатели работы почвообрабатывающих агрегатов. Наиболее важными физико-механическими свойствами почвы являются: твердость и фрикционные свойства.

Твердость почвы – это способность ее сопротивляться проникновению какого-либо деформатора.

Фрикционные свойства – это такие свойства, из числа которых часто выделяют коэффициент трения скольжения почвы по рабочей поверхности.

Знание физико-механических свойств почвы позволяет путем введения корреляционных коэффициентов определить такие энергетические показатели, как тяговое сопротивление почвообрабатывающей машины без динамометрирования. В свою очередь, на основе силовой характеристики можно вести прочностной расчет элементов конструкции машины.

Краткое описание конструкции твердомера Ревякина. Определение плотности (твердости) почвы производится приборами, рабочей частью которых является конический или цилиндрический наконечник, устанавливаемый на штоке и погружаемый в исследуемый материал. Для определения твердости почвы применяются приборы различных конструкций. Наиболее совершенными и распространенными из них являются твердомеры В. П. Горячкина, Ю. Ю. Ревякина, И. Ф. Голубева, А. А. Высоцкого и др.

Основным принципом действия этих приборов является регистрация на диаграммную ленту величины сопротивления почвы вдавливанию в нее плунжера в зависимости от глубины погружения.

На рисунке 1.1 приводится схема твердомера конструкции Ю. Ю. Ревякина, на рисунке 1.2 – образец твердограммы почвы.

Данный твердомер имеет основание *1* с площадкой *2* для установки на поверхности почвы. В направляющих основания свободно перемещается телескопический шток *4* рукояткой *3* в верхней части и плунжером *14* в нижней. В центре штока жестко установлен упор *5* для пружин *6*. Пружина верхним концом входит в упор верхней части штока. На кронштейнах *7* и *8* штоков смонтирована система рычагов и тяг для записи величины деформации пружины при вдавливании наконечника в почву. С помощью карандаша *11* производится запись величины деформации на бумажной ленте, экрана *12* закрепленной на вертикальном щитке *13*.

При выполнении лабораторной работы твердость почвы замеряется в почвенном канале в шестикратной повторности.

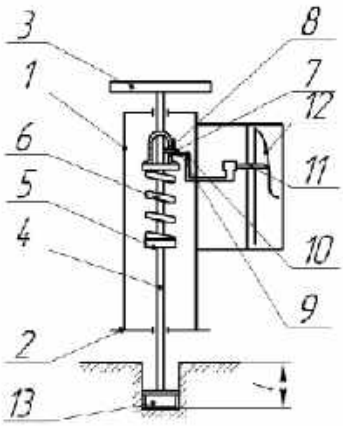


Рис. 1.1. Схема плотномера Ю. Ю. Ревякина:
1 – основание; 2 – опорная площадка; 3 – рукоятка;
4 – телескопический шток; 5 – упор; 6 – пружина; 7, 8 – кронштейны;
9, 10 – рычаги; 11 – карандаши; 12 – экран для бумаги; 13 – плунжера

Таблица 1.1

Индивидуальные задания для расчета тягового сопротивления плуга

№ варианта	Вес плуга, Н	Ширина Захвата, B_p, см	Глубина пахоты, а, см	Средняя твердость почвы, $P_{ср}$, н/см^3	Коэффициент трения, f
1	8500	140(4)	20	Значение берется из результатов обработки плотнограмм	Значение берется из результатов выполнения лабораторной работы
2	9500	160(4)	24		
3	10500	200(5)	22		
4	10900	240(6)	26		
5	11200	300(6)	21		
6	7000	120(4)	23		
7	8000	150(5)	25		
8	10500	225(5)	22		
9	11500	280(7)	26		
10	10000	175(5)	21		
11	9500	200(5)	25		
12	8500	160(4)	28		

Примечание. В скобках указано количество корпусов.

Порядок записи плотнограммы и ее обработка.

1) Подготовить плотномер к работе, для чего снять экран *12*, обтянуть его бумажной лентой и закрепить на корпусе плотномера. Ввернуть карандаш *11* в резьбовое гнездо таким образом, чтобы стержень карандаша находился в контакте с бумажной лентой.

2) Выбрать плунжер и ввернуть его в шток.

3) Установить плотномер опорной площадкой на поверхность почвы.

4) Приложить усилие к рукоятке *3*, внедрить шток с плунжером в исследуемую почву, записать плотнограмму. Образец плотнограммы представлен на рисунке 1.2.

Записать 3 плотнограммы, устанавливая плотномер в разные места исследуемой площади почвы (в канале или в естественных условиях). На плотнограммах отметить характерную точку «А», в которой достигнут предел упругости почвы (дальнейшее внедрение плунжера происходит без значительного нарастания усилия), почва течет.

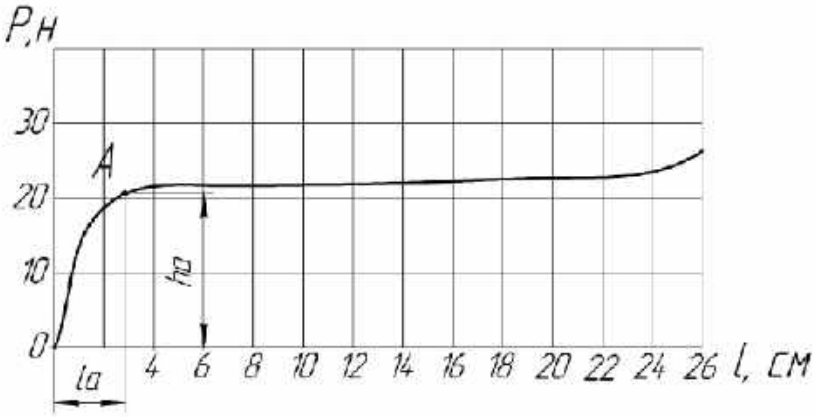


Рис. 1.2. Образец плотнограммы

Глубину погружения плунжера L разбить на равные промежутки с интервалом 1 см. Среднюю величину деформации пружины для каждой плотнограммы подсчитать по формуле

$$h_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{i=k} h}{k}, \qquad (1.1)$$

где h_{cp} – средняя величина ординаты плотнограммы;

h – текущее значение ординаты от i = 1 до i = k;

k – количество интервалов на плотнограмме.

Среднее значение твердости почвы определяется по формуле

$$P_{CPi} = \frac{h_{cp} \cdot \lambda}{F}, \text{ н/см}^3, \qquad (1.2)$$

где P_{cpi} – среднее значение твердости почвы исследуемой плотнограммы;

h_{cp} – средняя величина ординаты исследуемой плотнограммы;

λ – калибр пружины плотномера, Н/мм;

Калибр пружины λ находят по формуле (1.3)

$$\lambda = \frac{N_i}{h_i}, \text{ Н/мм}, \qquad (1.3)$$

F – площадь установленного плунжера, см^2.

где h_i – высота ординаты на плотнограмме точки «А»;

N_i – соответствующее высоте h_i величина усилия, приложенного к рукоятки, Н.

Значения N_i и h_i определяют по тарировочному графику, приведенному на рисунке 1.3.

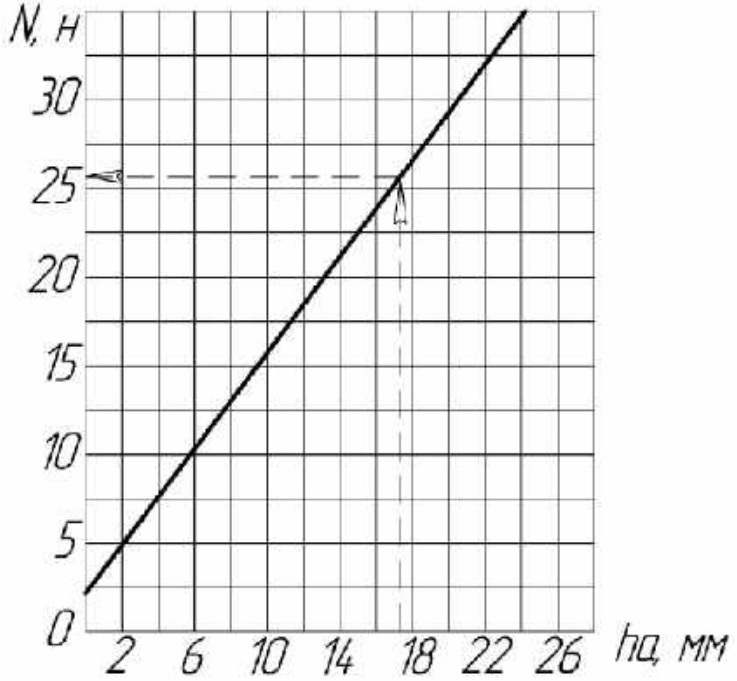


Рис. 1.3. Тарировочный график

Аналогичным образом необходимо обработать все записанные плотнограммы. Затем определить среднее значение твердости почвы по всем записанным плотнограммам.

Среднее значение твердости по исследуемым плотнограммам определяется по формуле

$$P_{CP} = \frac{\sum_{i=1}^{n} P_{CPi}}{n}, \text{ Н/см}^2, \qquad (1.4)$$

где P_{CPi} – среднее значение твердости почвы i – плотнограммы;

n – количество записанных плотнограмм.

Определить среднеквадратическое отклонение твердости исследуемой почвы по формуле:

$$\sigma_p = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_{CP} - P_{cpi})^2}{n-1}}. \qquad (1.5)$$

Полученные результаты обработки плотнограммы свести в таблицу 1.2.

Таблица 1.2

Результаты обработки плотнограммы

№ плотно-граммы	Σh, см	К, шт	hi, см	λ	P_{CPi}, Н/см^2	σ_{Pi}, Н/м^2	h_{Ai}	l_{Ai}	q_{CPi}, Н/см^3	σ_q, Н/см^3	Приме-чание
1											
2											
i											
Среднее			hcp, см		P_{CP}, Н/см^2				q_{CP}, Н/см^3		

Коэффициент объемного смятия почвы определяется по формуле

$$q_i = \frac{h_A \cdot \lambda}{F \cdot l_A}, \text{ Н/см}^3, \qquad (1.6)$$

где q_i – коэффициент объемного смятия исследуемой плотнограммы;

h_A – ордината точки «А» исследуемой плотнограммы, мм;

λ – калибр пружины, Н/мм;

F – площадь плунжера;

L_A – глубина погружения плунжера в точке А, мм.

Среднее значение для исследуемых плотнограмм:

$$q_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{n} q_i}{n}, \text{ Н/см}^3. \qquad (1.7)$$

Среднеквадратическое отклонение коэффициента смятия по исследуемым плотнограммам определяется по формуле

$$\sigma_{\delta} = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(q_{CP} - q_i)^2}{n-1}}, \text{ Н/см}^3. \qquad (1.8)$$

Полученные результаты свести в таблицу 1.1.

Определение коэффициента трения. Коэффициент трения почвы о сталь определяется с помощью лабораторной установки, изображенной на рисунке 1.4.

Установка состоит из сварной рамки *1*, на которой установлен ящик *2* с почвенным монолитом. На почву укладывается стальная пластина *3*, на которой устанавливается замерный груз *4*.

В передней части пластина имеет крючок *5*, на который надевается тросик *6*. Трос перекинут через блок *7* и связан с цилиндрической емкостью *8*, в которую засыпается любой сыпучий груз.

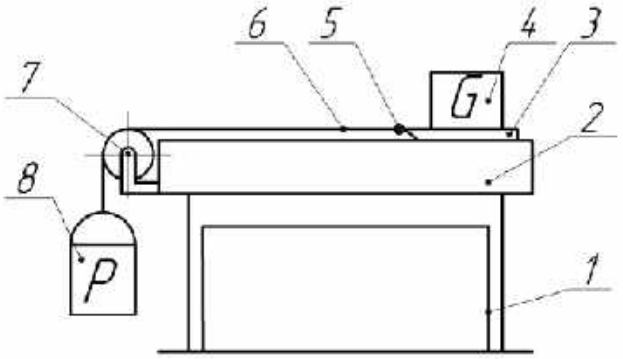


Рис. 1.4. Лабораторная установка для определения коэффициента трения:
1 – стол; 2 – ящик с почвой; 3 – плита; 4 – дополнительный груз; 5 – крючок;
6 – трос; 7 – ролик; 8 – емкость

Порядок определения коэффициента трения. Сила трения определяется по известной формуле

$$F_{mp} = f \cdot N, \text{ Н}, \qquad (1.9)$$

где f – коэффициент трения;

N – сила нормального давления.

В данном случае сила нормального давления определяется весом пластины и установленной на ней гири: $N = P + P_Г$, где P – вес пластины; $P_Г$ – вес гири.

Соединить пластину тросом с подвешенной емкостью. Отметить положение пластины относительно стенки ящика. Медленно заполнять подвешенную емкость сыпучим материалом (песок и т.д.).

Зафиксировать начало движения пластины. Вес емкости вместе с сыпучим материалом будет примерно соответствовать силе трения стали о почву.

Зная силу трения $F_{тр}$ и силу нормального давления N, определим коэффициент трения:

$$f = \frac{F_{тр}}{N}.$$

Повторить опыт 3-4 раза. Результаты опытов занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Результаты опытов по определению коэффициента трения

№ повторности	Вес дополнительного груза, г	Вес пластины, г	Суммарный вес, г	Вес емкости с сыпучим материалом, г	Коэффициент трения f
1					
n					
Среднее					

Далее приводится расчетная схема определения длины полевой доски.

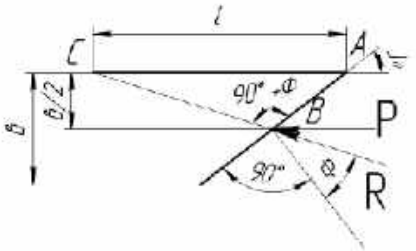


Рис. 1.5. Расчетная схема для определения длины полевой доски

Равнодействующая сил R при движении корпуса плуга отклоняется от нормали N на угол трения φ и линия ее действия должна проходить через конец полевой доски, т.е. через точку «С». Длина

полевой доски L равна стороне АС треугольника АВС. По теореме синусов можно определить сторону АС=L из соотношения:

$$\frac{AC}{AB} = \frac{\sin(90+\varphi)}{\sin[90-(\gamma_0+\varphi)]}, \qquad (1.10)$$

$$AC = \frac{АД \cdot \sin(90+\varphi)}{\sin[90-(\gamma_0-\varphi)]} = \frac{АД \cdot \cos\varphi}{\cos(\gamma_0+\varphi)}.$$

АД определяется из треугольника АВД:

$$AB = \frac{АД}{\sin\gamma_0} = \frac{b}{2\sin\gamma_0}.$$

Длина полевой доски:

$$L = AC = \frac{b \cdot \cos\varphi}{2\sin\gamma_0 \cdot \cos(\gamma_0+\varphi)}, \qquad (1.11)$$

где b – ширина захвата корпуса плуга.

Угол трения φ определяется через коэффициент трения $\varphi = \text{arctg}f$.

Расчет тягового сопротивления плуга. Исследованиями профессора Н. В. Щучкина установлена корреляционная зависимость тягового сопротивления плуга $P_{ПЛ}$ от твердости почвы. Им предложена формула для подсчета сопротивления плуга по значениям твердости:

$$P_{ПЛ} = Gf + m \cdot P_{ср} \cdot a \cdot B_p,$$

где G – сила тяжести плуга, Н;

f – коэффициент трения почвы по металлу;

m – коэффициент корреляции;

a – глубина пахоты, см;

B_p – ширина захвата плуга, см;

$P_{СР}$ – твердость почвы.

Значение коэффициента корреляции по данным профессора Н. В. Щучкина находится в пределах m = 0,012… 0,015.

Выполнить подсчет $P_{ПЛ}$ по полученному значению твердости почвы и значениям G, f, a, B_p – по вариантам (табл. 1.1).

Определение размеров полевой доски. Для заданного варианта расчета тягового сопротивления плуга и полученного значения коэффициента объемного смятия при обработке плотнограмм определить размеры определить размеры полевой доски.

Длина полевой доски определяется по схеме, в которой равнодействующая сила R должна проходить через конец полевой

доски. Расчетная схема для определения длины полевой доски представлена на рисунке 1.5, γ_0 – угол постановки лезвия лемеха к стенке борозды, принимается, $\gamma_0 = (38^{\circ} \ldots 42^{\circ})$. Высота полевой доски определяется с учетом допустимого удельного давления на стенку борозды. Полевая доска устанавливается к стенке борозды под углом δ (рис. 1.6) равным 1°-2°.

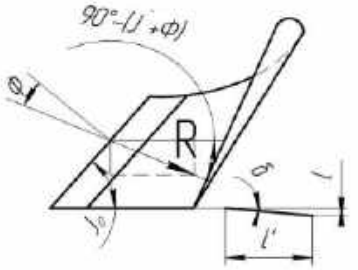


Рис. 1.6. Схема сил и расчетная схема
для определения высоты полевой доски

Допустимая глубина вдавливания конца полевой доски, т.е. глубина смятия почвы не должна превышать 5…10 мм.

Тогда для данной величины смятия почвы, согласно полученным экспериментальным данным значение допустимой величины давления полевой доски R_y можно определить из выражения:

$$[R_y] = q_{CP} V \text{, Н,} \qquad (1.12)$$

где q_{cp} – коэффициент объемного смятия, Н/ см^3;

V – объем сминаемой почвы, см^3.

Поскольку равнодействующая R раскладывается на составляющие R_x и R_y (рис. 1.6), боковую составляющую можно определить из выражения:

$$R_y = R\cos(\gamma_0 + \varphi). \qquad (1.13)$$

Длина полевой доски, которая вдавливается в стенку борозды L, определяется из прямоугольного треугольника со сторонами и углом

$$L' = \frac{l}{\sin\delta}\text{, см.} \qquad (1.14)$$

Площадь опоры полевой доски на стенку борозды определяется:

$$F = HL' = \frac{H \cdot l}{\sin\delta}\text{, см}^2,$$

где H – высота полевой доски, см;

L –длина вдавленной части полевой доски, см;

ℓ –допустимая глубина вдавливания конца полевой доски, 5…10 мм.

Объем сминаемой почвы определяется из выражения:

$$V = \frac{1}{2} HL'l \text{, см}^3. \quad (1.15)$$

Тогда

$$\left[R_y\right] = \frac{1}{2} q_{CP} HL'l \text{, Н.} \quad (1.16)$$

Решим уравнение 1.16 относительно Н:

$$H = \frac{2R_y}{q_{CP} \cdot L' \cdot l} \text{, см.} \quad (1.17)$$

Подставив значения $R_y = \frac{R_x}{tg(\gamma_0 + y)}$ и $L' = \frac{l}{\sin\delta}$ в уравнение 1.17, получим:

$$H = \frac{2R_x \cdot \sin\delta}{q_{CP} \cdot l^2 \cdot tg(\gamma_0 + \varphi)}. \quad (1.18)$$

Так как сопротивление плуга $P_{пл}$ равно R_x, получим:

$$H = \frac{(G \cdot f + m \cdot P_{CP} \cdot a \cdot B_p) 2\sin\delta}{q_{CP} \cdot l^2 \cdot tg(\gamma_0 + \varphi)} \text{, см.} \quad (1.19)$$

Угол трения определяется из значения коэффициента трения, полученного экспериментально: $f = tg\varphi$; $\varphi = arctg f$.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание экспериментальной установки, приборов и оборудования, используемых при выполнении работы.
3. Методика проведения опытов и результаты обработки полученных данных.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов и расчет тягового сопротивления плуга с использованием результатов эксперимента и варианта задания).

Контрольные вопросы

1. Из каких основных единиц состоит плотномер Ю.Ю. Ревякина?

2. Как определить площадь плунжера на плотномере?

3. Как определить калибр пружины на плотномере?

4.Как определить коэффициент трения?

5. Какие показатели нужны при расчете тягового сопротивления плуга?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2
Технологический расчет культиватора

Цель работы: *спроектировать прицепной культиватор для сплошной обработки почвы и определить его сменную производительность и тяговое сопротивление согласно исходным данным, приведенным в таблице 2.1.*

Приборы и оборудование: Стрельчатая лапа культиватора.

Определение расстояния между рядами лап. Лапы культиватора расставляются из условия отсутствия наложения плоскостей скалывания сзади идущих лап на впереди идущие, и отсутствия наложения плоскостей скалывания соседних лап, установленных в одном ряду. В случае наложения плоскостей скалывания происходит сгруживание почвы, приводящее к забиванию культиватора почвой и сорняками.

Расстояние между рядами лап (рис. 2.1) складывается из двух величин ℓ_1 и ℓ, где ℓ_1 – вылет носка лапы относительно стойки (конструктивный размер, он задан); ℓ– длина проекции плоскости скалывания на поверхность поля.

Длина проекции плоскости скалывания на поверхность поля определяется из треугольника nkm:

$$\ell = h \times tg(\alpha + \varphi), \qquad (2.1)$$

где h – глубина культивации;

α – угол постановки крыла лапы борозды в продольно-вертикальной плоскости;

φ – угол трения почвы о металл.

Тогда предельно допустимое расстояние между рядами лап будет равно:

$$C = \ell + \ell_1 = h \times tg(\alpha + \varphi) + \ell_1. \qquad (2.2)$$

Расстояние между лапами в ряду B (рис. 2.1) минимально допустимое, будет равно ширине плоскости скалывания A, которая определяется как сумма ширины захвата лапы «а» и суммы двух отрезков (3-4) и (5-6).

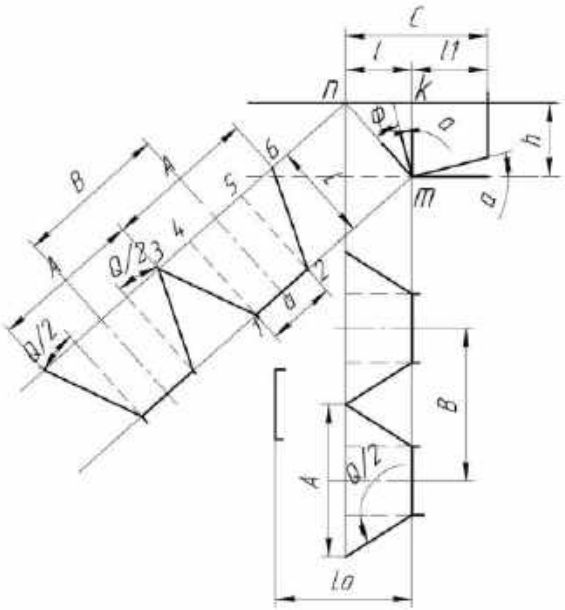


Рис. 2.1. Расстановка лап на раме культиватора

Отрезки (3-4) и (5-6) равны, следовательно, ширина плоскости скалывания A будет равна:

$$A = a + 2L \cdot tg\frac{Q}{2}, \tag{2.3}$$

где L – длина плоскости скалывания в вертикальной плоскости.

$$L = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)}, \tag{2.4}$$

где Q – угол наклона плоскости скалывания, принимается равным 45°.

Таблица 2.1

Исходные данные для проектирования культиватора

№ п/п	Ширина захвата лапы	Угол постановки лапы	Угол трения корней растений о лезвие лапы	Угол трения почвы о металл	Угол плоскостей касательных напряжений	Коэффициент сопротивления качению	Удельная масса культиватора	Удельное сопротивление почвы	Глубина рыхления	Вылет стойки лапы	Ширина захвата культиватора
	a, см	α, град	φ', град	φ, град	Θ, град	f	q, кг/м	K, кН/м^2	h, см	l_1, мм	B_{0}, м
1	27	18	30	23	40	0,48	190	17	8	230	4
2	30	19	32	24	42	0,42	210	16	9	250	5
3	33	20	34	25	44	0,44	200	17	10	260	6
4	32	21	36	26	46	0,46	210	18	9	240	5
5	27	22	38	27	48	0,48	200	19	10	250	4
6	33	21	40	28	47	0,50	210	20	9	260	6
7	30	20	39	29	49	0,52	190	18	8	240	5
8	27	19	37	30	47	0,54	210	17	9	260	4
9	33	18	35	29	45	0,56	200	16	10	250	5
10	22	19	33	28	43	0,58	210	15	9	240	6
11	27	20	31	27	41	0,60	190	16	8	260	5
12	33	19	30	26	44	0,55	210	15	9	250	4
13	25	18	34	25	46	0,53	200	17	10	240	6
14	27	20	35	24	48	0,47	210	18	9	260	5
15	33	22	39	23	44	0,47	190	19	8	250	6

По заданной ширине захвата культиватора определяется число лап первого ряда $Л_1$:

$$Л_1 = \frac{B_0}{B} = \frac{B_0}{A},$$

где B_0 – ширина захвата культиватора, м.

Число лап второго ряда на одну лапу меньше первого: $Л_2 = Л_1 - 1$.

Величина перекрытия лап первого и второго рядов $\Delta a = a - \frac{A}{2}$.

При поводковом креплении лап величина перекрытия должна находиться в пределах 60…70 мм. В случае если величина перекрытия Δа меньше указанных пределов, или вообще отсутствует, следует расставить лапы в три ряда. В этом случае лапы в первом ряду расставляются с условием B>A, но на такую величину, при которой перекрытие лап второго и третьего рядов будет в пределах агротехнических требований.

Необходимое расстояние между лапами в первом ряду можно определить по формуле

$$B' = 2(a - \Delta a). \qquad (2.6)$$

Уточнить число лап в первом ряду $Л_1'$

$$Л_1' = \frac{B_0}{B'}.$$

Число лап во втором ряду $Л_2'$ и в третьем $Л_3'$ находятся по формулам:

$$Л_2' = Л_1' - 1; \quad Л_3 = Л_2 - 1. \qquad (2.7)$$

Общее число лап на проектируемом культиваторе определяется как сумма лап всех трех рядов.

Определить тяговое сопротивление культиватора, для чего вычертить схему, приложить все силы и найти их величину. При этом следует учесть, что тяговое сопротивление лап первого ряда при двухрядном их размещении в два ряда выше сопротивления лап второго ряда. Аналогичная картина имеет место и при трехрядном размещении лап, а именно:

- сопротивление лап первого ряда Px_1;
- сопротивление лап второго ряда $P_{X2} = 0{,}75P_X$;
- сопротивление лап третьего ряда $P_{X3} = 0{,}5P_X$.

Это объясняется тем, что лапы первого ряда идут в необработанной почве, второго – с одной стороны разрыхлена, что облегчает скалывание пласта со стороны обработанной почвы, лапы третьего ряда идут по ленте, с обеих сторон которой почва обработана.

Тяговое сопротивление лапы Px_1 первого ряда можно определить по формуле В. П. Горячкина:

$$P_{x_1} = Л_1 1{,}1 \cdot k \cdot a \cdot h, \qquad (2.8)$$

где k– удельное сопротивление почвы, кн/м^2;

a – ширина захвата лапы, см;

h – глубина рыхления, см.

Сопротивление лап второго ряда равно:

$$P_{x_2} = 0{,}75 Л_2 (1{,}1khа) \text{ или } P_{x_2} = 0Л_2 (0{,}82khа)$$

Общее тяговое сопротивление культиватора при двухрядном размещении лап на раме равно:

$$P_X = Gf + kah(1{,}1Л_1 + 0{,}82Л_2), \qquad (2.9)$$

где f – коэффициент сопротивления качению.

Вес культиватора равен $G = q \times B$,

где q – удельная масса, кг/м;

B – ширина захвата культиватора, м

Общее тяговое сопротивление культиватора при трехрядном размещении лап равно

$$P_X = Gf + kah(1{,}1Л_1 + 0{,}82Л_2 + 0{,}55Л_3). \qquad (2.10)$$

Сменная производительность агрегата на сплошной культивации

$$W_{см} = 0{,}1 B_p V_p T \tau k_1, \qquad (2.11)$$

где B_p – конструктивная ширина захвата культиватора, м;

V_p – рабочая скорость, км/ч (до 10 км/ч)

T – время смены, принимается 7 ч;

τ – коэффициент использования времени смены (на культивации принимается 0,7…0,8);

k_1 – коэффициент использования конструктивной ширины захвата, k_1 = 0,94…0,96.

Скорость движения агрегата определяется по тяговому сопротивлению культиватора *Px* из условия запаса крюкового усилия, т.е. 0,93 $P_{кр}$ на различных передачах:

- передача 1: V_1 = 2,50 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 2: V_2 = 4,25 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 3: V_3 = 7,24 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 4: V_4 = 8,90 км/ч; $P_{кр}$=14 кН;
- передача 5: V_5 = 10,54 км/ч; $P_{кр}$=11,5 кН;
- передача 6: V_6 = 12,33 км/ч; $P_{кр}$=9,5 кН;
- передача 7: V_7 = 15,15 км/ч; $P_{кр}$=7,5 кН;
- передача 8: V_8 = 17,95 км/ч; $P_{кр}$=6,0 кН.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные проектируемого культиватора.
3. Схема расстановки лап культиватора согласно расчетам.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, приведен расчет тягового сопротивления спроектированного культиватора и производительность агрегата с трактором МТЗ-82).

Контрольные вопросы

1. Чему равна длина проекции плоскости скалывания на поверхности?
2. Как определить количество рядов лап на культиваторе?
3. Как определить сменную производительность агрегата?
4. Как определить расстояние между лапами в ряду?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3
Определение основных параметров мотовила

Цель работы: определить основные параметры мотовила по исходным данным согласно варианту задания.

Приборы и оборудование: лабораторная установка для записи траектории движения планки мотовила; лист чистой бумаги размером 1200×450; линейка 400 мм; калькулятор.

Описание лабораторной установки. Лабораторная установка (рис. 3.1) состоит из станины *1*, на которой жестко закреплена рама *2*, по горизонтальным уголкам которой перемещается каретка *4*, опирающаяся на уголки рамки роликами *3*.

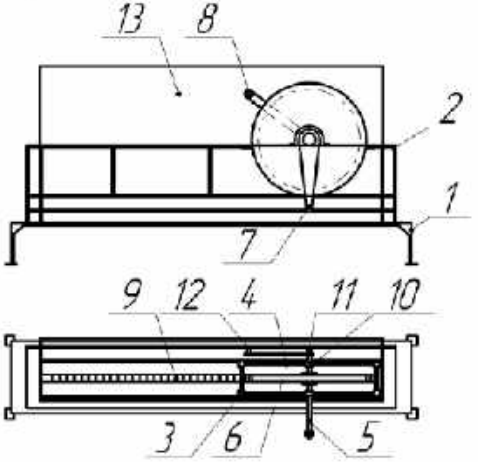


Рис. 3.1. Схема лабораторной установки

На каретке *4* закреплен вал *5*, звездочка *6* и рукоятка *7*. В торце вала *5* в специальном патроне *11* устанавливается карандаш, вычерчивающий линию движения оси вала *5*. На противоположном конце вала *5*, на рукоятке *7* установлен кривошип *8*, в котором по продольной прорези может перемещаться патрон *12* для карандаша. Траектория движения патрона *12* имитирует движение планки мотовила с радиусом, равным величине кривошипа.

Лабораторная установка работает следующим образом: звездочка *6*, находящаяся в постоянном зацеплении с цепью *9*, размещенной горизонтально на раме *2*, обеспечивает поступательное движение каретки *4*. Кривошип *8*, закрепленный на валу *5*, с патроном *12* для карандаша при вращении рукоятки *7* описывает траекторию движения планки мотовила, как результат сложения относительного (вращательного) движения планки мотовила и переносного (поступательного) движения оси мотовила. Запись траектории движения планки мотовила производится на листе бумаги, закрепленной на экране *13*.

Запись траектории движения планки мотовила. Мотовило предназначено для подвода стеблей к режущему аппарату, поддержания в момент среза и укладывания на транспортер жатки.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета мотовила

№ варианта	Значение радиусов кулисы, мм			Число планок мотовила Z	Высота растений	Высота стерни
	R1	R2	R3		L, см	h, см
1	75	100	140	4	50	12
2	77	100	145	5	60	14
3	79	100	150	6	70	16
4	81	100	155	4	80	18
5	83	100	160	5	90	20
6	86	100	165	6	100	22
7	87	100	170	4	95	19
8	89	100	175	5	85	17
9	91	100	180	6	75	15
10	93	100	185	4	65	13
11	92	100	190	5	55	11
12	90	100	195	6	58	12
13	88	100	192	4	68	18
14	86	100	187	5	78	21
15	84	100	177	6	88	16
16	82	100	172	4	98	15
17	80	100	167	5	92	14
18	78	100	162	6	84	17
19	76	100	157	4	76	15
20	80	100	182	5	72	13

Для обеспечения подвода стеблей к режущему аппарату окружная скорость планки мотовила должна быть больше поступательной скорости движения машины. Отношение окружной скорости движения планки мотовила к поступательной скорости движения машины называется кинематическим показателем работы мотовила.

$$\lambda = \frac{U_{ok}}{\upsilon_{M}}. \qquad (3.1)$$

На практике величина λ принимается равной 1,3-1,9. Причем с увеличением скорости машины его величина уменьшается.

По исходным данным, согласно варианту задания, выбрать два значения радиуса кривошипа R_1 и R_2 (табл. 3.1).

Установив поочередно R_1 и R_3 на кулисе кривошипа, записать траектории движения планки мотовила при $\frac{R_1}{R_2} = \lambda_1$ и $\frac{R_3}{R_2} = \lambda_2$.

В первом случае $\lambda_1 < 1$, во втором $\lambda_2 > 1$.

Затем установить радиус кривошипа равный радиусу звездочки R_2 и записать третью траекторию, где $\lambda = 1$.

Анализируя полученные траектории, видно, что планка мотовила выполняет свои функции только при $\lambda > 1$. При $\lambda < 1$ планка мотовила отталкивает стебли от режущего аппарата, а при $\lambda=1$ планка мотовила не оказывает никакого воздействия на стебли.

Определение радиуса мотовила. Для нормальной работы мотовила необходимо, чтобы планка в момент подвода стеблей к режущему аппарату соприкасалась со стеблями выше центра тяжести срезанного стебля.

Во время работы планка мотовила должна касаться срезанного стебля на высоте 1/3 длины срезанного стебля, измеряя от вершины колоса.

Тогда радиус мотовила можно определить из выражения:

$$R - \frac{R}{\lambda} = \frac{l}{3} \qquad (3.2)$$

или

$$R = \frac{l}{3(1 - \frac{1}{\lambda})},$$

где l – длина срезанного стебля:

$$l = \mathrm{L} - \mathrm{h}, \qquad (3.3)$$

где L – высота растений;

h – высота стерни (среза);

R – радиус мотовила; (рис. 3.2)

$\frac{R}{\lambda}$ – координата точки A – точки начала входа планки мотовила в хлебную массу.

Пример: при L = 90 см, h = 16 см, λ = 1,6 находим:

$$R = \frac{90-16}{3(1-\frac{1}{1,6})} = \frac{74}{3 \cdot 0,375} = \frac{74}{1,125} = 65 \text{ см}.$$

По найденному радиусу от записанной траектории движения планки мотовила

$$M = \frac{R}{R_3} = \frac{65}{16} = 4.$$

В найденном масштабе на построенной траектории от точки A вниз на высоту растений нанести линию поверхности поля, а от нее высоту стерни h и срезаемые стебли.

Определение шага мотовила. Если задано число планок мотовила, то путь, проходимый машиной за время последовательного погружения в хлебную массу очередной планки определяется по формуле

$$X_z = \frac{S}{Z} = \frac{2\pi R}{\lambda \cdot Z}, \qquad (3.4)$$

где X_z – шаг мотовила;

S – путь, пройденный машиной за один оборот мотовила;

λ – кинематический показатель режима работы мотовила;

Z – число планок мотовила.

Определение максимального выноса мотовила вперед. Полезная работа мотовила при срезании стеблей осуществляется в том случае, когда стебли, захваченные планкой, будут удерживаться до момента их срезания.

Находящийся под действием планки стебель отклоняется навстречу машине, описывая в продольно-вертикальной плоскости кривую, форма которой зависит от упругости стебля и прочности закрепления его в почве (рис. 3.2).

Вопрос об условиях, обеспечивающих отсутствие выскальзывания стеблей из-под планки, может быть решен только приближенно, исходя из предположения, что кривая А-В является дугой окружности, описанной из точки m радиусом, равным дине стеблей L.

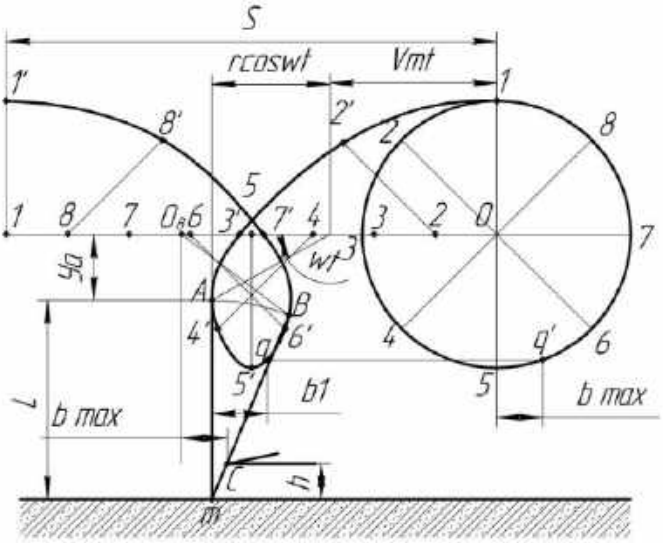


Рис. 3.2 Схема определения выноса и степени воздействия мотовила на стебли

Точка *B* определяет момент выскакивания стеблей из-под планки.

Для нахождения положения оси мотовила, соответствующего этому моменту, необходимо из точки *B* радиусом *R* сделать засечку на линии движения оси. Это и будет искомая точка O_B.

После этого момента планка больше не поддерживает стебель, и он возвращается в первоначальное положение. Такое явление указывает на неправильный вынос мотовила вперед, при котором нож движется с большим отставанием от оси мотовила и потому не срезает стебли, еще находящиеся под воздействием планки.

Максимальный вынос оси мотовила по отношению к ножу должен быть вполне определенным и не превышать некоторую допустимую величину b_{max}. Для ее нахождения соединяют точки *m* и *B*, затем проводят горизонтальную линию, отстоящую от поверхности поля на величину *h*, равную величине установки ножа над уровнем поля. Пересечение этих линий обозначают точкой *C*.

Искомый вынос b_{max} графически определяется расстоянием между вертикалями, проведенными через точки $O_B A$ и $\underline{C}$.

Абсолютная величина выноса мотовила будет: $b_{max} = b_{max} \times M$, где M – масштаб построения.

Определение степени воздействия мотовила. Степенью воздействия мотовила называют величину отношения количества стеблей, срезаемых при содействии планок, к общему количеству стеблей, срезаемых ножом.

Ширина захвата мотовила и ножа одинакова, стебли распределяются по полю более или менее равномерно. Поэтому, вместо количества стеблей можно учитывать соответствующее значение перемещение машины. Так как одна планка содействует срезанию стеблей на участке пути подведения e_1 (рис. 3.2), а машина за это время проходит путь X_z, то степень воздействия мотовила будет

$$\eta = \frac{e_1}{X_z}.$$

Для получения величины пути подведения e_1 необходимо от вертикали, проведенной через O_1 начального положения оси мотовила, вправо откладывают значения b_{max}, см выноса оси мотовила вперед (в соответствующем масштабе) и проводят вторую вертикаль, которая пересечет относительную траекторию (окружность) в точке q'. Отрезок соответствует положению луча мотовила, при котором планка заканчивает подвод стеблей к режущему аппарату. На абсолютной траектории движении планки (петле трохоиды) это положение луча определится точкой q, полученной пересечением горизонтали, проведенной через точку q' с петлей трохоиды.

Расстояние между вертикалями, проведенными через точки m и q трохоиды в масштабе построения, дает искомую величину e_1.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Определить масштаб полученной траектории по заданной траектории движения планки мотовила. Графически определить величину выноса мотовила и степень воздействия мотовила на срезаемые стебли.
3. Заключение (должны быть отражены полученные основные параметры мотовила).

Контрольные вопросы

1. Что такое кинематический показатель работы мотовила?
2. Как определить максимальный вынос оси мотовила?
3. Как графически определить шаг мотовила?
4. Как определить КПД мотовила?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4
Исследование катушечного высевающего аппарата и технологический расчет зерновой сеялки

Цель работы: изучить теоретические основы катушечного высевающего аппарата и произвести технологический расчет сеялки СЗ-5,4.

Приборы и оборудование: лабораторная установка катушечного высевающего аппарата; весы с ценой деления 0,01 кг; металлическая линейка; набор гаечных ключей.

Основы теории катушечного высевающего аппарата. Катушечный высевающий аппарат осуществляет высев семян периодическим выбросом в семяпровод желобками катушки и за счет движения активного слоя семян, увлекаемых ребрами катушки посредством силы трения. При проектировании катушечного высевающего аппарата исходят из условия равенства фактического объема высеваемых семян катушкой и расчетного объема семян, определенного агротребованиями

$$V_ф = V_р, \tag{4.1}$$

где $V_ф$ – фактический объем, см^3;

$V_р$ – расчетный объем семян.

Фактический объем высеваемых семян определяется через вес семян, высеянных за один оборот катушки и объемный вес семян высеваемой культуры.

$$V_ф = Q / \gamma, \tag{4.2}$$

где Q – вес семян высеянных за 1 оборот катушки, г;

γ – объемный вес семян высеваемой культуры, г/см^3.

Вес семян высеянных за 1 оборот катушки определяется при работе экспериментальной установки.

Фактический объем семян складывается их двух объемов:

$$V_ф = V_ж + V_{а.с.}, \tag{4.3}$$

где $V_ж$ – объем семян, высеваемый желобками катушки, см^3;

$V_{a.c.}$ – объем семян, высеваемых активным слоем, см^3.

Объем семян, высеваемых желобками, определяется:

$$V_ж = F_ж \cdot Z \cdot L_ж \cdot \psi, \tag{4.4}$$

где $F_ж$ – площадь поперечного сечения желобка, установленных катушек, $F_ж$ = 47,5 мм^2;

$L_ж$ – рабочая длина желобка, мм;

Ψ – коэффициент заполнения желобков, примем 0,96.

Число желобков определятся через диаметр катушки

$$Z = \frac{\pi d}{t}, \tag{4.5}$$

где d – диаметр катушки, мм; у стандартных катушек d = 50 мм.

t – шаг желобков, мм, у стандартных катушек t = 13,3 мм.

Подставим (4.5) в (4.4) получим

$$V_ж = F_ж \cdot \frac{\pi d}{t} \cdot L_ж \cdot \psi. \tag{4.6}$$

Объем семян, высеваемых активным слоем, определяется по формуле

$$V_{a.c.} = \pi d C_0 \cdot L_ж, \text{ см}^3, \tag{4.7}$$

где d – диаметр катушки, мм;

C_0 – толщина активного слоя, мм;

$L_ж$ – длина желоба (катушки), мм.

Толщину активного слоя можно определить по эмпирической формуле предложенной профессором М. Н. Летошневым:

$$C_0 = a + bL, \tag{4.8}$$

где a и b – эмпирические коэффициенты:

- для ржи a = 1,5; b = 0,03;
- для пшеницы a = 1,7; b = 0,02.

Тогда фактический объем высеваемых семян будет равен

$$V_ж = F_ж \cdot \pi d / t \cdot L_ж \cdot C_0 \cdot L_ж$$

или

$$V_ф = L_ж \pi \cdot d\left(\frac{F_ж \psi}{t} + C_0\right). \tag{4.9}$$

Расчетный объем семян определяется через заданную норму высева (кг/га), ширину междурядий, вес тысячи семян, передаточное отношение от опорно-приводного колеса к катушке высевающего аппарата.

Количество семян q_1, которое должно быть высеяно на одном погонном метре рядка, определяется по формуле

$$q_1 = \frac{Ma}{1000}, \text{ г/м}, \tag{4.10}$$

где M – заданная норма высева семян, кг/га;

a – ширина междурядья, см.

За один оборот опорно-приводного колеса должно быть высеяно $q_1 \pi D$, а за 1 оборот катушки высевающего аппарата в i раз меньше, то есть:

$$Q = \frac{q_1 \pi \cdot D}{1000 \cdot i}, \tag{4.11}$$

где i – передаточное число от опорно-приводного колеса на вал катушек;

D – диаметр опорно-приводного колеса.

Зная объемную массу высеваемых семян, определяем объем семян, который должен быть высеян за один оборот катушки:

$$V_a = \frac{Q}{\gamma} = \frac{Ma\pi D}{1000 \cdot i\gamma \cdot d \cdot (\frac{F_{ж} \cdot \psi}{t} + C_0)}. \tag{4.12}$$

Таблица 4.1

Варианты заданий для технологического расчета сеялки

Показатели	Варианты											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Число растений n на 1 га, млн.шт.	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,4	4,6	4,8	4,9	4,6	4,4
Вес 1000 зерен k, г	32	35	37	36	35	34	33	32	34	36	34	32
Полевая всхожесть семян M, %	96	94	92	94	93	96	93	92	92	93	92	91
Объемная масса зерна γ, кг/м^3	770	760	750	740	730	720	710	780	770	760	750	780
Скольжение колес сеялки δ, %	5	6	4	5	6	5	4	6	5	4	5	6
Длина гона $L_г$, тыс. м	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,9

Устройство лабораторной установки. Основанием установки служит рама, изготовленная из уголка. На раме установлен редуктор, который получает вращение от электродвигателя. На выходном валу червячного редуктора устанавливается косозубая шестерня, передающая вращение на большую косозубую шестерню, а от нее через три взаимно переставляемые шестерни идет передача на вал высевающего аппарата. Промежуточная шестерня закреплена на качалке, что позволяет обеспечить передачу при установке шестерен любого диаметра. Для обеспечения больших вариантов передаточных чисел, шестерни являются сменными. Комплект сменных шестерен закреплен на консольном валу в кронштейне.

На верхней части боковой крышки редуктора, на специальной плите, закрепляется высевающий аппарат и бункер для зерна. Стенка семенного бункера и высевающего аппарата, а также розетка, выполнены из прозрачного материала.

Катушка высевающего аппарата закреплена на валике и, за счет винтового устройства, ее вместе с приводным квадратным валиком можно перемещать в осевом направлении.

Поток семян, выбрасываемый высевающим аппаратом, поступает на направитель и высыпается в ящик. Установка имеет два ящика, что позволяет более точно выполнять замер количества высеваемых семян за определенное число оборотов катушки.

Если учесть, что число ходов червяка редуктора К = 7, а число зубьев червячного колеса $Z_{ч.к}$=110, то редуктор имеет передаточное число $i_{ред}$= 0,062. На установке смонтирован электродвигатель с числом оборотов $n_{дв}$= 2780 мин$^{-1}$. Учитывая передаточное число редуктора, число оборотов выходного вала редуктора равно 1723 мин$^{-1}$.

Поскольку сменные шестерни имеют разное число зубьев, возможные числа зубьев, возможные числа оборотов катушки высевающего аппарата приведены в таблице 4.2.

Определение зависимости толщины активного слоя семян от изменения рабочей длины катушки и ее окружной скорости.

После знакомства с лабораторной установкой рекомендуется установить шестерни Z_1 = 50 и Z_2 = 76, что обеспечит минимальные обороты катушки, засыпать семена в бункер, полностью задвинуть катушку в семенную коробку, подставить ящики для сбора зерна и включить электромотор. Пронаблюдать через прозрачную стенку за

технологическим процессом работы катушечного высевающего аппарата и убедиться в наличии активного слоя семян.

Получить от преподавателя варианты чисел оборотов катушки и ее рабочей длины для выполнения исследования. Целесообразно выполнять исследования изменения толщины активного слоя семян и общего объема от изменения рабочей длины при постоянном числе оборотов и наоборот, изменения числа оборотов при постоянной длине катушки.

Определить влияние изменения длины рабочей части на величину высева семян и толщину активного слоя. Для этого установить одно из заданных чисел оборотов катушки, поставить нижний предел рабочей длины, освободить ящики от зерна. Включить

Таблица 4.2

Возможные режимы работы лабораторной установки

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ведущая Z1	50	50	50	66	66	66	70	70	70	76	76
Ведомая Z2	66	70	76	50	70	76	50	66	76	66	70
Число оборотов катушки n_2, $мин^{-1}$.	13,5	12,13	11, 33	22,7	16,24	14,96	24,12	18,27	15,86	19,84	18,7

Таблица 4.3

Возможные передаточные отношения у сеялки СЗ-5,4

Режимы	1	2	3	4
i_n	0,125	0,269	0,388	1,838
Рекомендуемая культура	Просо	Пшеница, гречиха	Пшеница, ячмень, рожь	Овес

электромотор, убедиться в нормальном рабочем режиме установки и затем, перебросив направитель, собрать в другой ящик семена за 10 оборотов катушки. Повторить подобные операции для других заданных значений рабочей длины, сохраняя число оборотов.

Результаты занести в таблицу 4.4.

Таблица 4.4

Значения экспериментальных параметров при изменении L

№ п/п	Высеваемая культура	Число оборотов катушки n_2, мин$^{-1}$	Длина рабочей части катушки L, мм	Высев семян за 10 оборотов катушки q', г	Высев семян за 1 оборот катушки q, г
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Определить влияние изменения окружной скорости катушки на величину высева семян и толщину активного слоя при постоянной длине катушки. Для этого устанавливается одно из заданных значений рабочей длины катушки.

Сначала устанавливается нижний предел из заданного числа оборотов катушки в минуту, а затем все последующие. Операции по определению толщины активного слоя семян и высева выполняют, как указывалось выше.

Результаты замеров занести в таблицу 4.5.

Таблица 4.5

Значения экспериментальных параметров при изменении n_2

№ п/п	Высеваемая культура	Число оборотов катушки n_2, мин$^{-1}$	Длина рабочей части катушки L, мм	Высев семян за 10 оборотов катушки q', г	Высев семян за 1 оборот катушки q, г
1					
2					
3					
4					
5					
6					

Обработка результатов экспериментальных исследований. Полученные данные экспериментальных исследований позволяют построить графики зависимости объема высеваемых семян от рабочей длины катушки и от частоты вращения.

Площадь одного желобка равна $F_{эс} = 47{,}5$ мм^2.

Катушка имеет 12 желобков, поэтому общая площадь всех желобков равна $F_{ж} = 47{,}5 \times 12 = 570$ мм^2

Объем семян, высеваемых за 1 оборот катушки желобками, вычисляется:

$$V_{ж} = Fж \times L_{ж}, \text{ см}^3. \quad (4.13)$$

Объем семян, высеваемых за счет активного слоя, определяется как разность общего объема желобков, т.е.:

$$V_{ак} = V_{ф} - V_{ж}, \quad (4.14)$$

где $V_{ф}$ – общий объем семян, высеваемых за 1 оборот катушки, равный $V_{ф} = q/\gamma$ см^3. Значения γ (кг/м^3) для некоторых культур приведены ниже: пшеница озимая – 753…808, пшеница яровая – 700…813, рожь – 700…760, овес – 404…565, ячмень – 534…678, горох – 780…800, гречиха – 640…700, просо – 660…850.

Толщина активного слоя семян подсчитывается по формуле

$$t = \frac{V_{акк}}{L \cdot \pi \cdot d}. \quad (4.15)$$

Данные расчетов и замеров $V_{ак}$, $V_{ф}$, $V_{ж}$ и толщину активного слоя необходимо свести в таблицу 4.6.

По данным таблицы 4.6 построить графики изменения объемов $V_{ак}$, $V_{ф}$, $V_{ж}$ семян при изменении рабочей длины L (мм) и ее частоты вращения n (мин$^{-1}$).

Таблица 4.6

Значения экспериментальных параметров

№ опыта	Число оборотов катушки, n_2	Рабочая длина катушки L, мм	Высеяно семян за 1 оборот катушки				Толщина активного слоя t, см
			q, г	$V_{ф}$, см^3	$V_{ж}$, см^3	$V_{акт}$, см^3	
1	2	3	4	5	6	7	8
2							
3							
4							
5							
6							

Технологический расчет сеялки. Расчет необходимой нормы высева, передаточного отношения привода необходимой рабочей длины катушки, производительности агрегата с трактором МТЗ-82 следует выполнить по следующей методике, принимая данные по своему варианту (табл. 4.1).

1) Определить норму высева пшеницы Q (кг/га) по заданному числу растений на одном гектаре, при котором возможен наиболее высокий урожай по формуле

$$Q = \frac{nk}{1000 \cdot 1000 \cdot m(1-\sigma)}, \text{ кг/га,} \qquad (4.16)$$

где n – заданное число растений на 1 га, млн.шт. (табл. 4.1);

$к$ – вес 1000 зерен, г;

m – коэффициент, учитывающий полевую всхожесть семян, % (при всхожести 90% m = 0,9);

δ – коэффициент скольжения приводных колес сеялки, %.

Например, по 1 варианту:

$$Q = \frac{4000000 \cdot 40}{1000 \cdot 1000 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}96} = 185, \text{ кг/га.}$$

2) Определить число оборотов колеса сеялки при посеве одного гектара:

$$n_{кол} = \frac{10000(1-\sigma)}{B \cdot \pi \cdot D}. \qquad (4.17)$$

3) Определить количество семян, высеваемых за один оборот катушки при максимальной ее рабочей длине:

$$q = V_{\phi} \cdot \gamma, \text{ кг/об.,} \qquad (4.18)$$

где V_{ϕ} – общий объем семян, высеваемых за один оборот катушки.

Значение V_{ϕ} подсчитывается по формуле (4.14). Для конкретной культуры следует принять q, найденный экспериментальным путем (табл. 4.6).

4) Определить необходимое число оборотов катушки при посеве одного гектара для рассчитанной нормы высева Q (кг/га):

$$n_{кат} = \frac{Q}{Z_c \cdot q}, \qquad (4.19)$$

где Zc – число сошников (число высевающих аппаратов принять равным 24).

5) Определить передаточное отношение i_p от ведущего колеса к высевающим аппаратам:

$$i_p = \frac{n_{кат}}{n_{кол}}. \qquad (4.20)$$

6) Определить рабочую длину катушки при фактическом $i_ф$, имеющемся на сеялке СЗ-5,4 передаточном отношений, а не расчетном $i_р$, при котором принята максимальная рабочая длина катушки, равная 30 мм у сеялки СЗ-5,4.

По таблице 4.3 принять ближайшее $i_ф$ к расчетному $i_р$, но более низкое значение, чтобы обеспечить заданную норму высева.

$$L_{РАБ} = \frac{i_ф 30}{i_р}, \text{ мм.} \qquad (4.21)$$

7) Определить необходимый объем семенного ящика $V_я$ из расчета заправки сеялок только на одном или обоих концах гона по формуле (4.18)

$$V_я = 1{,}1\frac{L_г Q B_р}{10^4 \gamma}. \qquad (4.22)$$

Сравнить с объемом ящика сеялки СЗ-5,4.

8) Определить сменную производительность посевного агрегата, состоящего из сеялки СЗ-5,4 и трактора МТЗ-82.

Сменная производительность определяется по формуле

$$W_{см} = 0{,}1B \times V \times T \times \tau, \text{ га/см,} \qquad (4.23)$$

где B – ширина захвата сеялки, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч (принять в пределах от 8,9; 10,94; 12,33 и 15,15 для трактора МТЗ-82);

T – время смены, ч (принять 7 ч);

τ – коэффициент использования времени смены (на посеве 0,6).

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Исходные данные проектируемой сеялки.
3. Заключение (должны быть представлены результаты по исследуемым показателям и технологическому расчету сеялки).

Контрольные вопросы

1. Как определить фактический объем высеваемых семян?

2. Что такое толщина активного слоя?

3. Как определить число оборотов катушки высевающего аппарата?

4. Как определить число оборотов колеса сеялки при посеве одного гектара?

5. Как определить рабочую длину катушки при фактическом имеющемся на сеялке СЗ-5,4 передаточном отношении?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №5
Исследование процесса высева минеральных удобрений пружинным туковысевающим аппаратом и технологический расчет культиватора-растениепитателя

Цель работы: исследовать технологический процесс пружинного туковысевающего аппарата; установить зависимость количества высеваемых удобрений от скорости вращения и шага спирали высевающего механизма; произвести технологический расчет культиватора-растениепитателя по заданному варианту (табл. 5.1).

Приборы, оборудование: лабораторная установка; весы с разновесами; две емкости для сбора высеянных удобрений; удобрения в количестве 10 кг; штангенциркуль.

Описание пружинного туковысевающего аппарата АТП-2. Туковысевающий аппарат пружинного типа АТП-2 предназначен для высева стартовой дозы минеральных удобрений и их смесей в гранулированном, порошкообразном и кристаллическом видах в рядки при посеве различных культур, а также для внесения удобрений в зону корневой системы растений при подкормке культиваторами-растениепитателями.

Высевающий механизм представляет собой вал, на котором закреплено два пружинных шнека с левой и правой навивкой. С каждого края вала расположены втулки для центровки пружин и установки в кольцевой проточке рассеивателя. Рассеиватель изготовлен в виде пружинной скобы с пальчатым стержнем и предназначен для устранения пульсации и выравнивания потока высевающих туков.

Таблица 5.1

Варианты заданий для технологического расчета культиватора-растениепитателя

Параметры	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ опыта	1	2	3	2	1	2	3	2	1	2
Ширина междурядья, м	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6
Число обрабатываемых рядков при одном проходе, шт.	10	8	12	8	10	12	10	8	10	12
Скорость движения агрегата V, км/ч	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	6,5	7,0	7,5	6,0	6,5
Длина поля L, тыс. м	0,8	0,9	1,0	0,95	0,1	0,9	0,8	0,9	0,8	0,7

Для исключения самопроизвольного осыпания туков в воронке предусмотрены козырьки, закрепленные шарнирно на наклонных стенках внутри бункера. Козырьки перекрывают часть высеваюшего материала. Привод на вал туковысевающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса с помощью механизма передачи.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка изготовлена на базе туковысевающего аппарата, схема которого представлена на рисунке 5.1. Корпус *1* туковысевающего аппарата АТП-2 с двумя высевными окнами закреплен на столе *2*. Внутри корпуса стола установлен электродвигатель *3* с частотой вращения 2790 мин$^{-1}$. Вал электродвигателя передает вращение на редуктор *4* с передаточным отношением i = 31,5, следовательно, на выходном валу редуктора – частота вращения 88,57 мин$^{-1}$. На выходном валу редуктора установлена звездочка *5* с числом зубьев Z = 16, далее через цепную передачу *6* на ведущую звездочку *7* (Z = 16) с передаточным отношением i = 1.

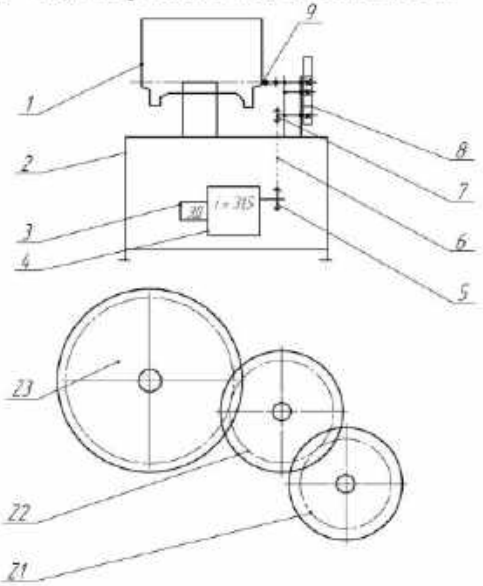


Рис. 5.1. Схема лабораторной установки

1 – туковысевающий аппарат АТП-2; 2 – стол; 3 – электродвигатель; 4 – редуктор; 5, 7 – ведущая и ведомая звездочки; 6 – цепная передача; 8 – редуктор тукового аппарата; 9 – вал с двумя пружинами.

Далее через редуктор 8 передается вращение на вал *9* туковысевающего аппарата, следовательно, частота вращения вала высевающего аппарата будет зависеть от передаточного отношения, устанавливаемого на установке с помощью редуктора.

На редукторе устанавливаются передаточные отношения (табл. 5.2).

Таблица 5.2

Варианты передаточных отношений

№	Число зубьев			Передаточное отношение i	Число оборотов вала n, мин$^{-1}$
	Z_1	Z_2	Z_3		
1	11	18	35	0,31	27,84
2	15	18	35	0,45	38,1
3	18	15	35	0,54	45,65

Теоретическая часть. Механизм туковысевающего аппарата относится к спирально-винтовым конвейерам, рабочими органами которых являются цилиндрические спирали (пружины).

Производительность односпирального конвейера рассчитывается по формуле:

$$П = 1,7\, D^2\, S\, n_в K_v\, \eta_v\, \gamma, \text{ кг/с}, \qquad (5.1)$$

где D – наружный диаметр спирали, м (0,055);

S – шаг спирали, м (0,024);

$n_в$ – частота вращения спирали, мин$^{-1}$:

$$n_в = 60\ v\ i\ /\ \pi\ D_K, \qquad (5.2)$$

где v – скорость движения агрегата, м/с;

i – передаточное число;

D_K – диаметр опорно-приводного колеса, (0,51м);

K_v – теоретический коэффициент скорости, учитывающий винтовой характер движения материала ($K_v = 0,57$);

η_v – коэффициент производительности ($\eta_v = 0,012 – 0,014$);

γ – объемная масса материала, (0,9-1,1 т/м^3):

Например: $n_в = 60\ 1,66\ 0,31\ /\ 3,14\ 0,51 = 19,35$ мин$^{-1}$

$П = 1,7^2\ 0,055^2\ 0,024\ 19,35\ 0,57\ 0,013\ 1\ 10^{-3} = 0,03$ кг/с

Необходимая норма высева удобрений на гектар достигается соответствующей частотой вращения высевающего механизма аппарата. Частота вращения обеспечивается механизмом привода культиватора. Теоретическая норма высева определяется по формуле

$$Q = \frac{10^4 m_0 i}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}, \quad (5.3)$$

где m_0 – масса высеваемых удобрений в одно окно за один оборот высевающего механизма, кг;

b – ширина междурядья, м.

Норму высева также можно определить по известной производительности:

$$Q = \frac{7{,}8 \cdot 10^6 П}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}. \quad (5.4)$$

В зависимости от заданной нормы высева удобрений Q изменится и путь $L_т$, проходимый машиной до следующей заправки:

$$L_т = \frac{10^4 WCZ\gamma}{QB}, \text{ м}, \quad (5.5)$$

где W – объем одного бункера высевающего аппарата, м^3 (0,05);

C – коэффициент использования объема бункера (0,9);

Z – количество бункеров [$Z = (B/b)/2$];

B – ширина захвата агрегата, м;

γ – объемная масса, кг/м^3.

Определить необходимый теоретический объем тукового ящика W_T из расчета заправки культиватора-растениепитателя на одном или на обоих концах гона (из расчета длины гона $L_Г$) по формуле 5.6:

$$W_T = 1{,}1 \frac{L_Г \cdot Q \cdot B_р}{10^4 \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \quad (5.6)$$

где $L_г$ – длина гона (пути до следующей заправки).

Определить количество заправок:

$$n = W_T/W.$$

Практическая часть. Для изучения влияния скорости вращения и шага спирали на производительность туковысевающего механизма необходимо ознакомиться со схемой установки (рис. 5.1).

Выполнить работу в следующем порядке.

1) Освободить от удобрений бункер и замерить параметр спирали (D, S). Определить объемную массу удобрений (γ) или принять по таблице 5.3.

2) Подсчитать по формуле 5.1 теоретическую производительность высевающего аппарата (при шаге спирали S – 0,024 м) Для чего рассчитать или принять по таблице 5.1 частоту вращения вала высевающего механизма $n_в$.

Теоретическая норма высева определяется по формуле 5.3 или 5.4, а путь L_3 по формуле 5.5.

Результаты расчетов занести в таблицу 5.3.

Таблица 5.3

Результаты расчетов

Шаг спирали, м	№ опыта	Передаточное число, i	Частота вращения вала, $мин^{-1}$	Продолжительность опыта, с	Производительность, кг/с		Норма высева, Q, кг/га	Путь агрегата L_3, м
					Пт	Пэ		
0,025	1 2 3							

3) Исследовать влияние скорости вращения высевающего механизма и шага спирали на производительность аппарата. Для этого определить частоту вращения вала высевающего механизма на каждом режиме. Заполнить бункер удобрениями, включить установку на 30-60 с и определить массу удобрений. Данные занести в таблицу 5.2.

4) Построить графики экспериментальной и теоретической зависимости производительности $П_Э = f(n_в)$ и $П_Т = f(n_в)$.

5) По данным экспериментальной производительности определить соответствующую норму высева и путь агрегата согласно варианту задания (b, W, C, Z и B).

6) Построить графики зависимости $Q = f(n_в)$ и $L = f(n_в)$.

7) Сделать выводы по результатам исследований.

Технологический расчет культиватора-растениепитателя. Технологический расчет туковысевающих аппаратов, устанавливаемых на культиваторах-растениепитателях, выполняется в определенной последовательности по данным, полученным при лабораторных исследованиях, согласно варианта табл. 5.1.

1) Определить рабочий захват культиватора В, м:

$$B = b \cdot n,$$

где b – ширина междурядья в м;

n – число обрабатываемых рядков, шт.

2) Определить длину обода колеса:

$$l = \pi \cdot d,$$

где d – диаметр приводных колес, м.

3) Подсчитать число оборотов приводных колес культиватора при посеве одного гектара:

$$N = \frac{10000}{B \cdot l}, \text{ об/га.}$$

4) Определить норму высева Q^1 кг/га физических туков по заданной норме внесения Q кг на 1 га питательных веществ через процентное содержание (X) в данном удобрении (табл. 5.4).

$$Q^1 = \frac{100 \cdot Q}{X}, \text{ кг/га,}$$

где X – процентное содержание питательных элементов.

5) Определить количество туков q_1, кг/об, которое должно быть высеяно за один оборот колеса:

$$q_1 = Q^1/N, \text{ кг/об.}$$

6) Определить удельную производительность туковысевающего аппарата q_2 (кг/см^2) за один оборот вала для заданного виды удобрений.

Таблица 5.4

Характеристика удобрений

№ варианта	Удобрения	Объемная масса γ, т/м^3	Содержание питательных веществ, %
1, 9	Суперфосфат гранулированный	1,1	22
2, 10	Суперфосфат двойной	1,0	46
3, 11	Суперфосфат порошкообразный	1,1	20
4, 12	Фосфорная мука	1,7	22
5	Калийная соль	1,1	35
6	Аммиачная селитра	0,8	37
7	Аммиачная селитра гранулированная	1,0	33
8	Аммофос гранулированный	1,0	35

Используя экспериментально определенное значение q_1 (кг/см^2) за один оборот вала при высеве суперфосфата с объемной массой $\gamma_2 = 1{,}0$, необходимо сделать перерасчет для определения количества высеянных удобрений за один оборот вала q_2 при условии, что высевается одинаковый объем, но различная масса из-за отличающейся объемной массы:

$$q_2 = q_1/\gamma, \text{ кг/см}^2 \text{ – за один оборот вала.}$$

7) Определить передаточное отношение, при котором обеспечивается заданная норма высева:

$$i = q_2/q_1 \times n,$$

где n – число высевающих аппаратов (число рядков).

8) Определить сменную производительность агрегата на междурядной обработке пропашных культур с одновременной подкормкой минеральными удобрениями.

$$W_{см} = 0{,}1 B_м V T \tau, \text{ га/смену,}$$

где $B_м$ – ширина захвата культиватора, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч (задание);

T – продолжительность смены (7 ч);

τ – коэффициент использования рабочего времени смены (на междурядной обработке с одновременной подкормкой, ($\tau = 0{,}8$).

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание установки для высева минеральных удобрений.
3. График зависимости высеваемых удобрений от частоты вращения вала или передаточного отношения редуктора.
4. Технологический расчет культиватора.
5. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, приведены основные характеристики спроектированного культиватора).

Контрольные вопросы

1. Как определить производительность одностирального конвейера?

2. Как определить необходимый теоретический объем тукового ящика?

3. Что такое процентное содержание питательных элементов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №6
Исследование процесса высева минеральных гранулированных минеральных удобрений шнековым туковысевающим аппаратом

Цель работы: исследовать технологический процесс шнекового туковысевающего аппарата; установить зависимость количества высеваемых удобрений от скорости вращения, высоты навивки и шага шнека высевающего механизма; произвести по заданному варианту (табл. 6.1).

Приборы, оборудование: лабораторная установка; весы с разновесами; тахометр, две емкости для сбора высеянных удобрений; удобрения в количестве 10 кг; штангенциркуль, линейка.

Варианты заданий представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1

Варианты заданий для технологического расчета

Параметры	*Варианты*									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	*10*
№ опыта	1	2	3	2	1	2	3	2	1	*2*
Ширина междурядья, м	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,6	0,7	*0,6*
Ширина агрегата В, м	4,8	5,6	*6*	7	5,4	8,4	7	4,8	5,6	*6*
Длина поля L, тыс. м	0,8	0,9	1,0	0,95	0,1	0,9	0,8	0,9	0,8	*0,7*
Норма высева, кг/га	120	130	140	150	160	150	140	130	120	*140*
Объемная масса γ, т/м³	*0,8*	*0,9*	*1,0*	*1,1*	*1,0*	*0,9*	*0,8*	*0,9*	*1,0*	*1,0*

Описание шнекового туковысевающего аппарата АТШ-2. Туковысевающий аппарат шнекового типа АТШ-2 предназначен для высева стартовой дозы минеральных удобрений и их смесей в гранулированном и кристаллическом видах в рядки при посеве различных культур, а также для внесения удобрений в зону корневой системы растений при подкормке культиваторами-растениепитателями.

Туковысевающий аппарат представляет из себя бункер с двумя высевными окнами, на дне которого расположен туковысевающий механизм.

Туковысевающий механизм представляет собой шестигранный вал, на который нанизаны два шнека с левой и правой навивкой. С одного края вала расположена приводная звездочка на втулке.

Для исключения самопроизвольного осыпания туков внутри бункера предусмотрены щитки, закрепленные шарнирно на наклонных стенках. Щитки перекрывают часть высевающего материала. Привод на вал туковысевающего аппарата осуществляется от опорно-приводного колеса с помощью механизма передачи.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка изготовлена на базе туковысевающего аппарата сеялки УПС-8, схема которой представлена на рисунке 6.1. Корпус бункера *2* туковысевающего аппарата АТШ-2 с двумя высевными окнами закреплен на раме *1*. Сбоку бункера закреплен мотор-редуктор *5* марки (6573), обеспечивающий плавное изменение частоты вращения от 5 до 100 мин$^{-1}$. Со звездочки, закрепленной на валу мотор-редуктора на звездочку, закрепленную на валу шнеков вращение передается с передаточным отношением i = 1, следовательно, на шнековом валу – частота вращения плавно может меняться от 5 до 100 мин$^{-1}$.

Подача электроэнергии напряжением 12 В осуществляется от источника питания *8* по проводам *9* через контроллер *7*. При помощи контроллера изменяется частота вращения выходного вала мотор-редуктора *5*, а следовательно частота вращения шнекового вала *4*, которая конролируеся тахометром *10*.

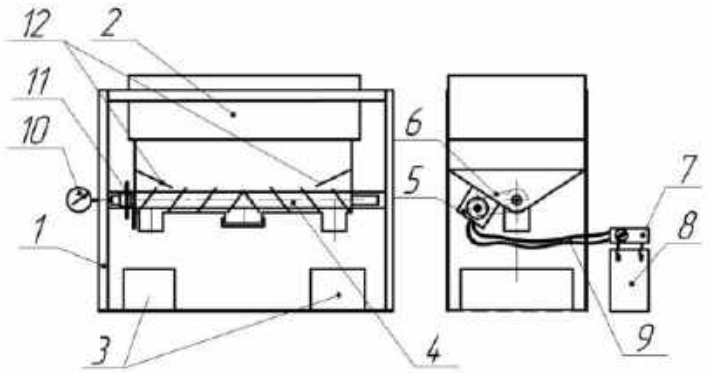


Рис. 6.1. Схема лабораторной установки
1 – рама; 2 – бункер; 3 – емкости; 4 – шнековые валы;
5 – мотор-редуктор; 6 – цепная передача; 7 – контроллер;
8 – источник питания; 9 – провода; 10 – тахометр;
11 – звездочки; 12 – щитки.

Теоретическая часть. Механизм туковысевающего аппарата относится к шнековым конвейерам, рабочими органами которых являются цилиндрические винтовые шнеки.

Необходимая норма высева удобрений на гектар обеспечивается соответствующей частотой вращения высевающего механизма аппарата. Частота вращения обеспечивается механизмом привода культиватора. Теоретическая норма высева определяется по формуле

$$Q = \frac{10^4 m_0 i}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}, \qquad (6.1)$$

где m_0 – масса высеваемых удобрений в одно окно за один оборот высевающего механизма, кг;

b – ширина междурядья, м.

i – передаточное отношение от приводных колес к шнеку.

D_K – диаметр опорно-приводного колеса, (0,51м);

Норму высева также можно определить по секундной производительности:

$$Q = \frac{7{,}8 \cdot 10^3 П}{\pi D_K b}, \text{ кг/га}. \qquad (6.2)$$

где $П$ – секундная производительность конвейера.

В зависимости от заданной нормы высева удобрений Q изменится и путь $L_г$, проходимый машиной до следующей заправки:

$$L_г = \frac{10^4 W \cdot C \cdot Z \cdot \gamma}{Q \cdot B}, \text{ м}, \qquad (6.3)$$

где W – объем одного бункера высевающего аппарата, м^3 (0,05);

C – коэффициент использования объема бункера (0,9);

Z – количество бункеров [$Z = (B/b)/2$];

B – ширина захвата агрегата, м.

Необходимый теоретический объем тукового ящика $W_Т$ из расчета заправки культиватора-растениепитателя на одном или на обоих концах гона (из расчета длины гона $L_Г$) определяется по формуле 6.3:

$$W_Т = 1{,}1 \frac{L_Г \cdot Q \cdot B_Р}{10^4 \cdot \gamma}, \text{ м}^3, \qquad (6.4)$$

где $L_з$ – длина гона (длина пути до следующей заправки).

Количество заправок определяется по формуле:

$$n = W_T/W. \quad (6.5)$$

Практическая часть. Для изучения влияния скорости вращения вала, высоты и шага шнека на производительность туковысевающего механизма необходимо ознакомиться со схемой установки, метода измерения необходимых параметров и режимов работы. (рис. 6.1).

Работа выполняется в следующем порядке:

1) Замерить параметры шнека.

D – наружный диаметр шнека, м (0,044);

t – шаг шнека, м;

d – внутренний диаметр шнека, м;

h – высота навивки шнека.

Принять объемную массу удобрений (γ) по таблице 6.1.

2) Подсчитать теоретическую норму высева, которая определяется по формуле 6.2, и путь L_3 по формуле 6.3.

Результаты расчетов занести в таблицу 6.3.

3) Исследовать влияние скорости вращения высевающего механизма и шага навивки на производительность аппарата. Для этого определить частоту вращения вала высевающего механизма на каждом режиме. Заполнить бункер удобрениями, включить установку на 30 с или 60 с и определить массу высеваемых удобрений. Данные занести в таблицу 6.2.

Таблица 6.2

Результаты расчетов

№ опыта	Шаг навивки, м	Высота навивки, м	Частота вращения вала, n мин$^{-1}$	Продолжительность опыта, с	Производительность, кг/с	Норма высева, Q_2, кг/га	Путь агрегата L_3, м
					Пэ		
1							
2							
n							

4) Рассчитать частоту вращения шнекового вала для обеспечения необходимой нормы высева согласно заданной норме по варианту по формуле:

$$n_1 = (Q_2/ Q_1) \times n$$

где n –частота вращения вала для ближайшей нормы высева, мин$^{-1}$;

Q_1 – ближайшая норма высева по опыту, кг/га;

Q_2 - норма высева по варианту, кг/га;

5) Построить графики экспериментальной зависимости производительности $П_Э = f(n)$.

6) По данным экспериментальной производительности определить соответствующую норму высева и путь агрегата согласно варианта задания (b, W, C, Z и B).

7) Построить графики зависимости $Q_2 = f(n_в)$ и $L = f(n_в)$.

8) Сделать выводы по результатам исследований.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание установки для высева минеральных удобрений.
3. График зависимости высеваемых удобрений от частоты вращения вала или передаточного отношения редуктора.
4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов).

Контрольные вопросы

1. Какие показатели необходимы для определения теоретической нормы высева тукового аппарата?

2. Как определить необходимый теоретический объем тукового ящика?

3. Как подсчитать теоретическую норму высева?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №7
Исследование технологического процесса и определение основных параметров протравливателя ПС-20К

Цели работы:

1) исследовать технологический процесс дозирующей системы протравливателя;

2) установить зависимость количества подаваемой рабочей жидкости от величины давления в системе дозирования;

3) провести технологический расчет протравливания по заданному варианту.

Приборы, оборудование: лабораторная установка; мерная емкость; рабочая жидкость; секундомер.

Описание конструкции лабораторной установки и ее работы. Лабораторная установка выполнена на основе протравливателя семян ПС-20К, который включает в свою конструкцию: бак, пульт управления, насос, дозирующую систему (рис. 7.1), мерный цилиндр, два крана, соединительные шланги.

Таблица 7.1

Индивидуальные задания

№ варианта	Производительность, т/ч	Культура	Кол-во семенного материала, т	Доза внесения протравителя, л/т	Расход рабочей жидкости, л/т
1	7-8	Рожь	300	0,2	5
2	13-14	Яровая Пшеница	200	0,4	6
3	9-10	Озимая пшеница	250	0,5	7
4	11-12	Ячмень	350	1	8
5	15-16	Овес	400	1,5	9
6	11-12	Рожь	300	2	5
7	9-10	Яровая Пшеница	400	0,3	6
8	13-14	Озимая пшеница	250	0,6	7
9	7-8	Ячмень	350	1,2	8
10	15-16	Овес	200	1,7	9

Дозатор работает следующим образом: рабочая жидкость подается по патрубку *3* в распределитель *2*, вращая регулировочный вентиль *5* меняют давление рабочей жидкости в распределителе (контролируя по манометру), избыток жидкости уходит в бак через патрубок *1*. Необходимый для протравливания объем рабочей жидкости направляется через патрубок *4* в камеру протравливания. При настройке необходимо определить давление, при котором будет обеспечена требуемая подача рабочей жидкости (табл. 7.2).

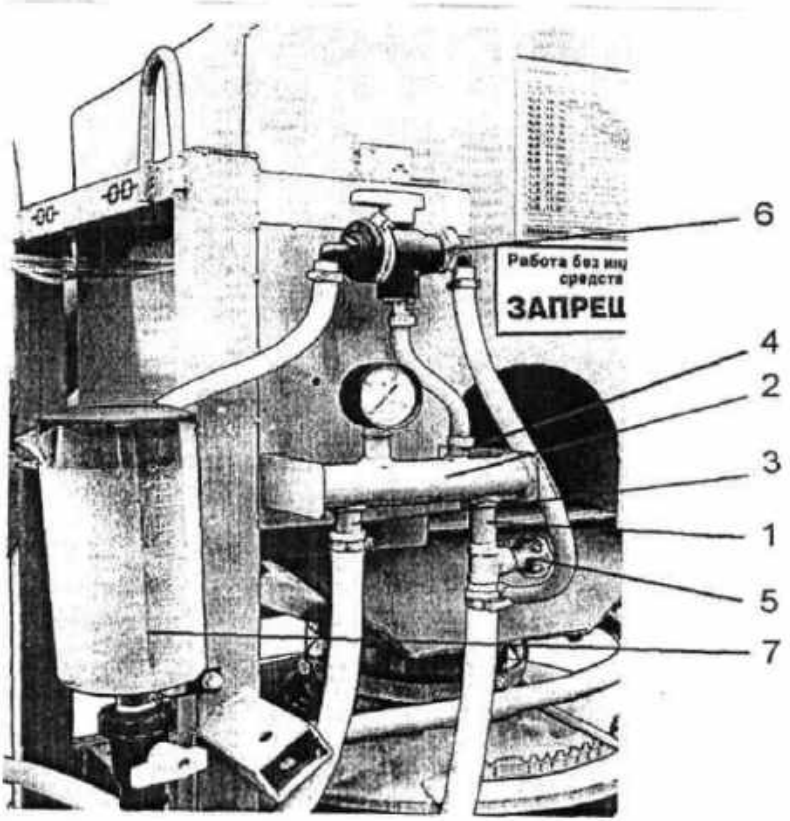


Рис. 7.1. Дозирующая система протравливателя ПС-20К:
1, 3, 4 – патрубки; 2 – распределитель; 5 – регулировочный вентиль;
6 – трехходовой кран; 7 – мерный цилиндр

Порядок снятия показателей. Заполнить емкость *1* для рабочей жидкости водой (рис. 7.2), полностью открыть кран регулятора давления *10* и включить электродвигатель насоса *12*, перевести трехходовой кран *6* в положение «подача к распылителю».

По манометру *8* установить необходимые значения (табл. 7.2) давления постепенно закрывая кран *10* регулятора давления. Затем перевести трехходовой кран *6* в положение «к мерному цилиндру» одновременно с этим необходимо запустить секундомер и по истечению одной минуты необходимо вернуть трехходовой кран

в первоначальное положение. По шкале мерного цилиндра *4* определяют объем жидкости Q_1 находящейся в нем и записывают в заготовленную таблицу 7.2. Опыт повторить три раза. По трем опытам подсчитывается средняя величина.

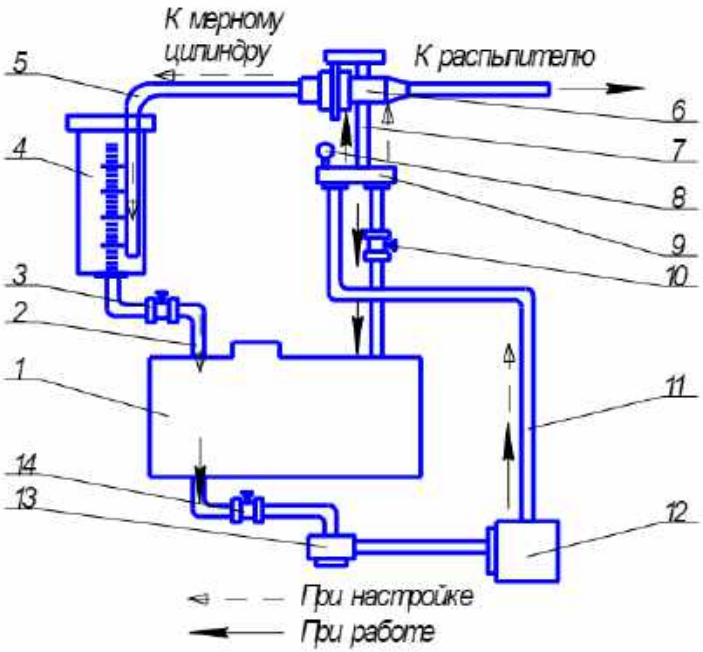


Рис. 7.2. Схема движения рабочей жидкости в дозирующей системе
1 – емкость рабочей жидкости; 2,5,7,11 – патрубки; 3, 14 – краны;
4 – мерный цилиндр; 6 – трехходовой кран; 8 – манометр;
9 – распределитель; 10 – кран регулятора давления;
12 – насос; 13 – фильтр

Далее необходимо установить следующие значение давления (табл. 7.2) рабочей жидкости и аналогичным образом снять показания мерного цилиндра *4* в трехкратной повторности.

Подача дозатора в литрах в минуту (Q_1) определяется опытным путем по трем повторностям. Подача дозатора в литрах за час работы определяется по выражению:

$$Q_2 = Q_1 \times 60 \text{ , л/ч.}$$

Таблица 7.2

Результаты определения объема жидкости в мерном цилиндре

Давление ρ, кгс/см² Ф = 2 мм	Повторность опыта	Q1 л/мин	Q2 л/ч	Производительность протравливателя П, т/ч								
				7	8	9	10	11	12	13	14	15
				qр норма расхода жидкости, л/т								
0,3	1											
	2											
	3											
	Σср											
0,6	1											
	2											
	3											
	Σср											
0,9	1											
	2											
	3											
	Σср											
1,2	1											
	2											
	3											
	Σср											
1,5	1											
	2											
	3											
	Σср											

Для определения расхода рабочей жидкости в литрах на тонну обрабатываемых семян (q_p) необходимо использовать выражение:

$$q_p = \frac{Q_2}{П}, \text{ л/с},$$

где $П$ – производительность протравливателя (т/ч).

Технологический расчет протравливателя. Технологический расчет и определение параметров настройки протравливателя приводится в определенной последовательности, на основе показателей полученных при проведении лабораторных исследований и по данным варианта задания (табл. 7.1)

1. Определить по варианту необходимый объем рабочей жидкости для семенного материала Vp, л:

$$V_p = q_p \cdot n,$$

где $q_р$ – норма расхода рабочей жидкости, л/т (определяется по таблице 7.2, исходя из производительности;

n – количество семенного материала, т.

2. Определить количество препарата необходимого для приготовления рабочей жидкости, л:

$$Q = \frac{V_р \cdot q}{q_р},$$

где q – доза внесения протравливателя, л/т (табл. 7.2).

3. Определить необходимое количество протравливателя на полный объем бака Q, л:

$$Q_1 = \frac{V_б \cdot q}{q_р},$$

где $V_б$ – объем бака, л (205 л).

4. Определить количество заправок бака для протравливателя всего объема семян:

$$K = \frac{V_р}{V_б}.$$

5. Определить количество протравливателя для заправки неполного объема бака:

$$Q_н = \frac{V_{бн} \cdot q}{q_р},$$

где $V_{бн}$ – объем жидкости неполного бака, л.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Краткое описание машины и методики проведения экспериментов.

3. Должна быть таблица с результатами определения объема жидкости в мерном цилиндре.

4. Заключение (должны быть отражены результаты экспериментов, и результаты по технологическому расчету и определению параметров настройки протравливателя).

Контрольные вопросы

1. Как осуществляется технологический процесс дозирующей системы протравливателя?
2. Как настроить протравливатель на необходимую норму расхода ядохимиката?
3. Как определить необходимый объем рабочей жидкости для семенного материала?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Парфенов, О. М. Курс лекций по основам расчета сельскохозяйственных машин : учебное пособие. – Кинель : РИО СГСХА, 2017 – 125 с.

2. Парфенов, О. М. Основы расчета сельскохозяйственных машин : методические указания. – Кинель : РИО СГСХА, 2017. – 60 с.

3. Трубилин, Е. И. Сельскохозяйственные машины (Конструкция, теория и расчет) : учебное пособие. – Краснодар : КГАУ, 2008. – 200 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Лабораторная работа №1. Изучение физико-механических свойств почвы и их использование при расчете параметров полевой доски и тягового сопротивления плуга 4

Лабораторная работа №2. Технологический расчет культиватора 15

Лабораторная работа №3. Определение основных параметров мотовила 20

Лабораторная работа №4. Исследование катушечного высевающего аппарата и технологический расчет зерновой сеялки 27

Лабораторная работа №5. Исследование процесса высева минеральных удобрений пружинным туковысевающим аппаратом и технологический расчет культиватора-растениепитателя 36

Лабораторная работа №6. Исследование процесса высева гранулированных минеральных удобрений шнековым туковысевающим аппаратом 43

Лабораторная работа №7. Исследование технологического процесса и определение основных параметров протравливателя ПС-20К 47

Рекомендуемая литература 53

Учебное издание

Парфенов Олег Михайлович
Иванайский Сергей Александрович
Канаев Михаил Анатольевич
Денисов Сергей Владимирович

ОСНОВЫ РАСЧЕТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН
Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 20.07.2022. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,23; печ. л. 3,5.
Тираж 50. Заказ № 172.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608.
E-mail: ssaariz@mail.ru

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Технический сервис»

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН

Методические указания для лабораторных работ



Кинель
РИО Самарского ГАУ
2019

УДК 631.3.004.67
Т38

Т38 Технология ремонта машин : методические указания / сост. С. Н. Жильцов, М. С. Приказчиков, О. В. Шарымов, Н. А. Черкашин. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 75 с.

Методические указания содержат необходимый материал, который способствуют приобретению практических навыков в области технологии ремонта машин, контрольные вопросы, список рекомендуемой учебной литературы.

Учебное издание предназначено для бакалавров, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Жильцов С.Н., Приказчиков М. С., Шарымов О. В., Черкашин Н. А., составление, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания к лабораторным работам по технологии ремонта машин составлены в соответствии с требованиями образовательных программ подготовки студентов обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов.

Цель методических указаний – способствовать формированию профессиональных компетенций в области технологии ремонта машин.

Лабораторные работы способствуют приобретению практических навыков, закрепляют и углубляют теоретические знания, развивают умение пользоваться справочной литературой, инструментами, приспособлениями и технологическим оборудованием, использующимся в процессе ремонта агрегатов и деталей технических средств.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 1.
КОМПЛЕКТОВАНИЕ ШАТУННО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ

Цель работы: ознакомиться с оборудованием, приспособлениями и инструментом для комплектования шатунно-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания тракторов, автомобилей и сельхозмашин; получить практические навыки по комплектованию шатунно-поршневой группы двигателя; изучить методику определения характерных износов гильзы цилиндров.

Оснащение рабочего места: приспособление КП-040 для определения упругости клапанных пружин и поршневых колец; весы тарельчатые; приспособления для проверки плотности прилегания поршневого кольца к цилиндру; микрометры; индикаторные нутромеры; ленточные щупы; детали – гильзы, поршни, поршневые кольца, шатуны, поршневые пальцы.

Порядок выполнения работы

Комплектование цилиндропоршневой группы

Произвести подбор деталей цилиндропоршневой группы для двигателя (по указанию преподавателя) по размерным и весовым маркировкам, проверить упругость колец (данные занести в таблицы 1, 2, 3), дать заключение о годности цилиндропоршневой группы к сборке.

Таблица 1

Комплектование цилиндропоршневой группы

№ цилиндра	Диаметр, мм. Размерная группа				
	гильза	поршень	отверстие в поршне под поршневой палец	поршневой палец	втулка верхней головки шатуна
1					
2					

Таблица 2

Контроль упругости и зазора в замке поршневых колец

Кольцо	Зазор в замке, мм		Упругость, Н	
	измеренный	допустимый	измеренная	допустимая

Таблица 3

Разница в массе деталей шатунно-поршневой группы

Двигатель _____		Масса, г		
		Поршень	Шатун	Шатун и поршень в сборе
1 цилиндр				
2 цилиндр				
3 цилиндр				
4 цилиндр				
Разница в массе, г	Полученная			
	Допустимая			

Изучение характера износа гильз цилиндров

Для изучения характера износа цилиндра замеры производят по всей длине цилиндра, располагая точки промеров в сечениях, отстоящих один от другого на расстоянии (по указанию преподавателя) 15-20 мм, начиная с первого, который должен отстоять от верхнего края на 5 мм (то есть в пределах нерабочего пояска, позиция 1) (рис. 1).

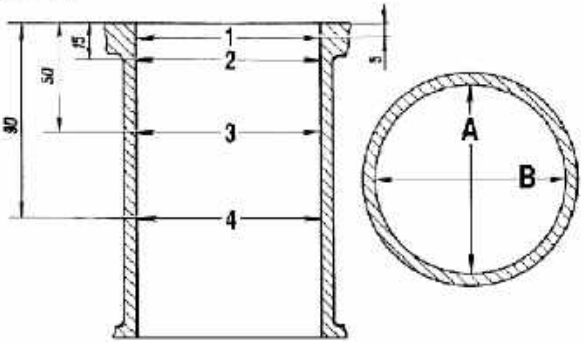


Рис. 1. Схема замеров для определения износа гильзы цилиндров

Измерения в каждом сечении (через 20 мм) производятся в двух взаимно – перпендикулярных плоскостях: (А) плоскости, параллельной оси коленчатого вала, (В) плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, после чего определяют износ цилиндра и изменение геометрической формы (овальность, конусность, бочкобразность и др.).

При измерении гильзы цилиндров овальность подсчитывается как разность между замерами в одном сечении, но в разных плоскостях. Конусность подсчитывается как разность диаметров

в верхнем и нижнем сечениях гильзы. Конусность гильзы определяется в плоскостях (А) – параллельной оси коленчатого вала и (В) – перпендикулярной оси коленчатого вала (рис. 1).

Результаты замеров гильз цилиндров занести в таблицу 4 и построить график износа гильзы цилиндров в разных плоскостях (рис. 2).

Таблица 4

Данные замера гильзы цилиндров двигателя_____

Глубина замера, мм	Направление замера: а – вдоль оси коленчатого вала б – перпендикулярно оси коленчатого вала	Результаты замеров гильз цилиндров, мм			
		1	2	3	4
10-15	плоскость а плоскость б овальность				
25-30	плоскость а плоскость б овальность				
...	плоскость а плоскость б овальность				
200-n	плоскость а плоскость б овальность				
Конусность цилиндра	плоскость а плоскость б				

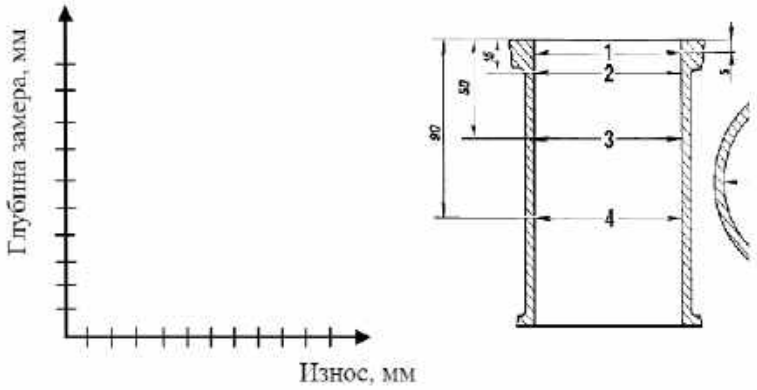


Рис. 2. Оформление графика износа гильзы цилиндров по глубине

После построения графика необходимо обосновать характер износа гильзы цилиндра. Сравнить полученные результаты с техническими условиями, дать заключение о годности. При необходимости ремонта назначить технологию ремонта гильзы цилиндров.

Контрольные вопросы

1. Какие существуют способы подборки деталей при комплектации?
2. Как проверяется упругость поршневых колец?
3. По каким параметрам производится комплектация поршневых колец с поршнями и гильзами?
4. Как комплектуются поршни и гильзы между собой?
5. Что такое ремонтные размеры и размерные группы?
6. Методика подбора поршней в пределах комплекта на один двигатель.
7. Как комплектуются детали в соединении поршень - поршневой палец - верхняя головка шатуна?
8. По каким параметрам оценивается качество комплектации соединения поршень – поршневой палец – верхняя головка шатуна?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ДЕФЕКТАЦИЯ, СПОСОБЫ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Цель работы: изучить основные дефекты коленчатых валов автотракторных двигателей и методы их контроля; изучить способы ремонта и восстановления коленчатых валов; получить практические навыки по дефектации коленчатых валов.

Оснащение рабочего места: коленчатые валы с различными дефектами, приспособление для закрепления коленчатого вала при дефектации, микрометр, индикаторный нутромер, штангенрейсмас, магнитная стойка с индикатором часового типа.

Основные дефекты и износы коленчатых валов

Поступающие в ремонт автотракторные коленчатые валы имеют, как правило, характерные дефекты и износы (рис. 3).

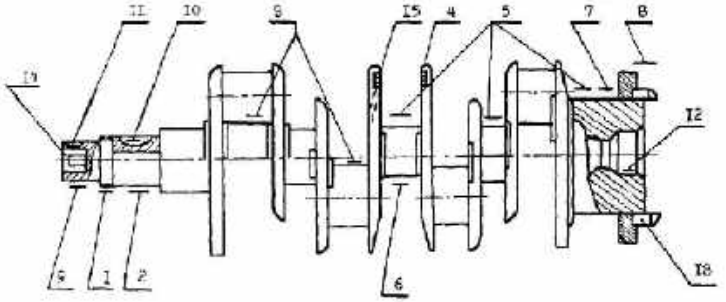


Рис.3. Схема дефектов и износов коленчатого вала:
1 – повреждение резьбы; 2 – износ посадочной поверхности под шестерню;
3,5 – износ шатунных и коренных шеек; 4 – износ (ослабление) резьбы пробки;
6 – прогиб вала; 7 – износ маслосгонной резьбы; 8 – износ фланца маховика;
9 – износ посадочной поверхности под шкив; 10, 11 – износ шпоночных пазов;
12 – износ посадочного места под подшипник; 13 – износ отверстий под штифты;
14 – износ резьбы под храповик; 15 – забивание масляных каналов

Порядок выполнения работы

1. Выявить имевшиеся дефекты (износ) при наружном осмотре коленчатого вала двигателя (по заданию преподавателя).

2. Определить величину износа коренных и шатунных шеек, радиус кривошипа и прогиб вала. Схема определения радиуса кривошипа, определения размера шейки коленчатого вала и определения величины прогиба вала представлены на рисунках 4, 5, 6. Результаты замеров занести в таблицу 4.

3. Сделать вывод по проделанной работе. Назначить технологию ремонта коленчатого вала, подобрать оборудование, приспособления, инструмент и режимы обработки.

$$r = \frac{H - h_1}{2}$$

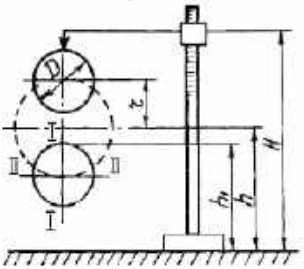


Рис. 4. Схема определения радиуса кривошипа коленчатого вала:
r – радиус кривошипа; H, h_1 – расстояние от основания штангенрейсмуса до шатунной шейки, расположенной в крайнем верхнем и нижнем положениях, мм;
h – расстояние до оси вращения коленчатого вала

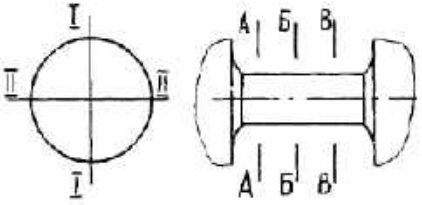


Рис. 5. Схема определения размера шейки вала, овальности и конусности: I-I – в плоскости кривошипа коленчатого вала; II-II – в плоскости перпендикулярной плоскости I-I; А-В – крайние пояса замеров; Б – средний пояс замеров

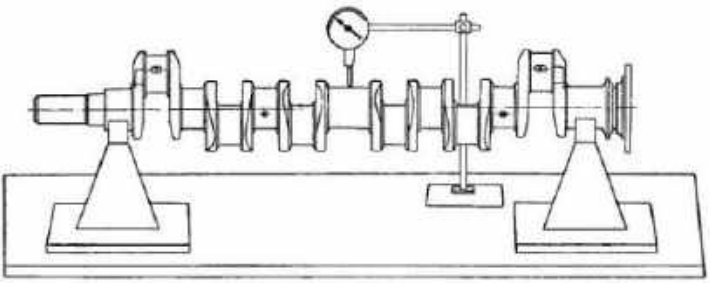


Рис. 6. Схема определения размера прогиба вала (замер производят по средней коренной шейке с помощью индикатора часового типа)

Таблица 4

Журнал результатов проверки коленчатого вала двигателя трактора (автомобиля) _____ № по каталогу

№ шеек коленчатого вала		Диаметр шейки, мм				Максимальная овальность, мм		Максимальная конусность, мм		Радиус кривошипа, мм	Прогиб вала, мм
		шатунной		коренной		шатунной	коренной	шатунной	коренной		
		I-I	II-II	I-I	II-II						
1	А										
	Б										
	В										

ПРИМЕЧАНИЕ: А, В – крайние, Б – средний пояса замеров; I-I – в плоскости кривошипа коленчатого вала; II-II – в плоскости, перпендикулярной I-I.

Контрольные вопросы

1. Какие дефекты могут быть у коленчатых валов автотракторных двигателей?
2. Опишите способы устранения изгиба и скручивания коленчатых валов.
3. Какие существуют способы ремонта шеек коленчатого вала?
4. Какие существуют способы восстановления шеек коленчатого вала?
5. Опишите порядок шлифовки шеек коленчатого вала.
6. В чем отличия восстановления стальных и чугунных валов?
7. Какие существуют способы финишной обработки шеек коленчатых валов?
8. По каким параметрам контролируется качество выполненных работ при ремонте и восстановлении шеек коленчатых валов?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 3.
РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ КЛАПАННОЙ ГРУППЫ МЕХАНИЗМА ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Цель работы: изучить основные дефекты деталей клапанной группы механизма газораспределения автотракторных двигателей и методы их контроля; изучить способы ремонта и восстановления деталей клапанной группы механизма газораспределения; получить практические навыки по дефектации и ремонту деталей клапанной группы механизма газораспределения.

Оснащение рабочего места: клапаны, направляющие втулки клапанов, головки блока цилиндров в различном техническом состоянии, микрометр, глубиномер, приспособление для комплексного контроля клапана, магнитная стойка с индикатором часового типа; станок для притирки клапанов ОПР-1841А; станок для шлифования фасок клапанов СШК-3; набор фрез.

Устройство и работа станка СШК-3 для шлифования клапанов и стенда ОПР-1841А для притирки клапанов

Станок СШК-3 предназначен для шлифования фасок и торцов стержней клапанов автотракторных двигателей (рис. 7).

Основные технические данные станка следующие:

- наибольший шлифуемый диаметр тарелки клапана – 80 мм;
- зажимной цанговый патрон обеспечивает крепление стержня клапана от 6 до 10 мм;
- число оборотов шпинделя шлифовального круга – 6500 об/мин.
- число оборотов зажимного цангового патрона – 160 об/мин.

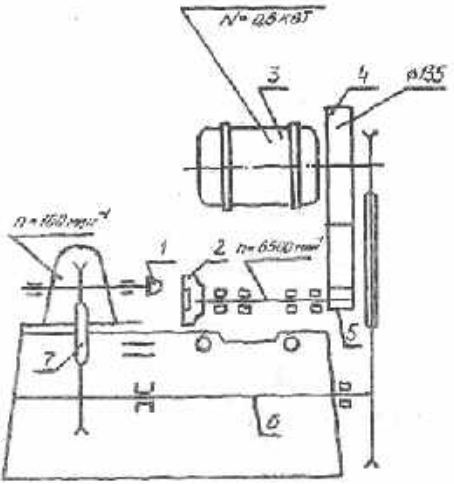


Рис 7. Кинематическая схема станка СШК-3:
1 – цанговый патрон; 2 – шлифовальный круг; 3 – электродвигатель;
4,5 – шкивы; 6 – шпиндель; 7 – ремень

Шлифовальный камень *2* приводится во вращение от электродвигателя *3* через шкивы *4* и *5*. Подлежащий шлифованию клапан устанавливается в патроне *1*, смонтированном на кронштейне и двух подшипниках скольжения. Патрон *1* приводится во вращение от того же электродвигателя через шпиндель *6* и передаётся круглым ремнем *7*.

Станок ОПР-1841А предназначен для притирки клапанов тракторных и автомобильных двигателей.

Привод станка осуществляется мотор-редуктором мощностью 1,1 кВт (рис.8).

Для установки различных по размерам головок и блоков двигателей для притирки клапанов станок снабжён подъёмным механизмом.

Установка головок или блоков на нужную высоту производится либо вручную маховичком *1* через червячную пару *2* и реечное зацепление *3*, либо электродвигателем *4* через клиноременную передачу *5*. Возвратно-вращательное движение шпинделей *6* на 360° производится через кривошипно-шатунный механизм *7*, реечное зацепление *3* и шестерни шпинделей.

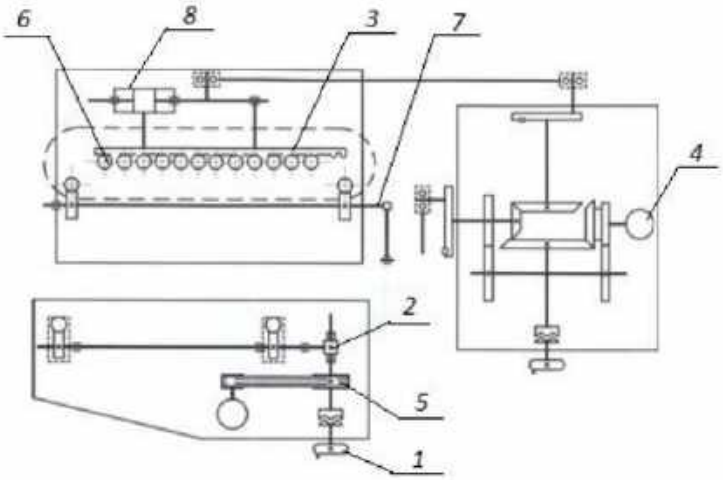


Рис. 8. Кинематическая схема станка ОПР-1841А
1 – маховичок привода; 2 – червячная пара; 3 – реечное зацепление; 4 – электродвигатель; 5 – клиноременная передача; 6 – шпиндель; 7 – кривошипно-шатунный механизм; 8 – гидравлический механизм

Возвратно-поступательное движение шпинделей *6* в осевом направлении так же осуществляется через кривошипно-шатунный механизм подъёма шпинделей *7* и реечное зацепление *3*. Кроме этих двух перемещений, шпиндели имеют смещение начальных положений за счёт гидравлического механизма 8. В результате сочетания таких движений станок как бы копирует ручной режим притирки.

Механизм смещения (рис.9) состоит из цилиндра *3*, поршня *5*, перепускного клапана *4*, снабжённого шариком *6*, штока *7*, компенсационного бачка *11*, крышки цилиндра *2*, гайки сальника *1*, штифта *14*. Поршень *5* разделяет цилиндр *3* на две заполненные маслом полости. От тяговых усилий шатуна поршень сжимает одной своей стороной масло в полости цилиндра. В зависимости от позиции перепускного клапана *4*, положение которого фиксируется шариком *10*, сжимаемое масло перепускается через внутреннее отверстие клапана в другую полость небольшими дозами. Масло может проходить только в одном направлении до тех пор, пока перепускной клапан не будет передвинут на другую позицию.

Это передвижение осуществляется автоматически при подходе поршня к крышке цилиндра. Клапан торцом упирается в буртик крышки, сдвигается и фиксируется при помощи шарика *10* и пружины *9* на другой позиции.

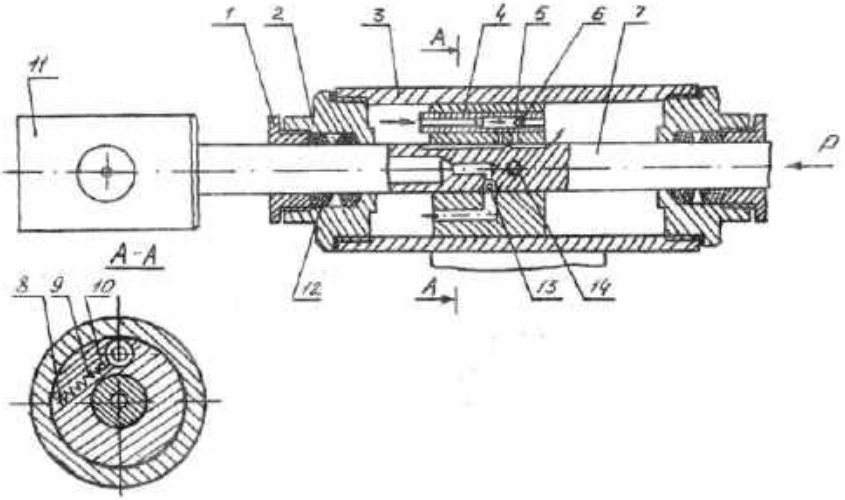


Рис. 9. Гидравлический механизм смещения:
1 – сальник; 2 – крышка цилиндра; 3 – конус цилиндра; 4 – перепускной клапан; 5 – поршень; 6 – шарик; 7 – шток; 8 – винт; 9 – пружина; 10 – шарик фиксатора; 11 – компенсационный бачок; 12 – сальник; 13 – шариковое запорное устройство; 14 – штифт

Заняв новое положение, клапан перепускает масло в противоположном направлении и поршень при этом двигается в другую сторону. Так как цилиндр жёстко связан с рейкой, а шток – с шатуном, то относительное перемещение цилиндра по отношению к поршню сдвигает рейку за двойной ход на 3...5 мм.

Порядок выполнения работы

Проверка технического состояния клапана. Осмотреть клапан, произвести замеры, определить овальность и конусность стержня клапана. Проверить биение фаски и стержня клапана.

Результаты измерения занести в журнал (таблица 5).

Таблица 5

Журнал

осмотра_____ клапана двигателя_____

	Показатель	Результаты замеров	Допустимые значения
1	Диаметр тарелки клапана, мм.		
2	Биение фаски клапана, мм.		
3	Диаметр стержня клапана, мм		
4	Биение стержня клапана, мм		
5	Овальность стержня клапана, мм		
6	Конусность стержня клапана, мм		
7	Толщина цилиндрического пояска тарелки клапана после шлифования, мм		
8	Утопание клапана в гнезде после их обработки, мм		

На основании полученных результатов сделать заключение о годности клапана и предложить технологию ремонта или восстановления.

Шлифование фаски и торца стержня клапана. Для шлифования фаски клапана необходимо:

– поставить бабку станка под углом, соответствующего углу фаски (45°, 30°);

– установить в патроне станка зажимную цангу, соответствующую номинальному диаметру клапана;

– вставить и закрепить стержень клапана в патроне станка;

– включить электродвигатель станка и, осторожно подводя шлифовальный круг, обработать фаску клапана продольным перемещением бабки станка до выведения следов износа.

Для шлифования торца стержня клапана:

– плиту с корпусом цангового патрона отвести в крайнее положение;

– включить станок, положить клапан стержнем на подставку. При этом левой рукой клапан прижимается к шлифовальному камню и поворачивается на подставке вокруг своей оси, а двумя пальцами правой руки прижимается к подставке. Обработка торца должна быть, до выведения следов износа.

Притирка клапанов к гнездам. Для этого необходимо:

– приготовить притирочную пасту;

– нанести метки на тарелке клапанов по номеру гнезда;

– подложить под клапаны пружины, нанести на фаски клапанов притирочную пасту и вставить клапаны в направляющие втулки головки;

– поставить головку цилиндров, подготовленную к притирке, на угольники подъёмной площадки станка;

– ослабить верхние и нижние гайки шпинделей, после чего расставить их на осях клапанов и закрепить сначала нижние, затем верхние гайки;

– маховичком ручного вращения станка поднять корпус шпинделей в верхнее положение и посредством переходников соединить шпиндели станка с клапанами;

– вращая маховичок механизма подъёма площадки, поднять головку так, чтобы тарелки клапанов выступали под действием подложенных пружин над гнёздами на 8...16 мм;

– включить электродвигатель станка, через 3...4 мин ослабить нажим на клапаны. Для этого, не останавливая станка, маховичком подъёма медленно опустить площадку с головкой так, чтобы величина выступания клапанов над гнёздами составила 20...25 мм, продолжить притирку в течение 1,9..2 минут;

– остановить станок и снять головку;

– протереть клапаны и гнёзда, проверить качество притирки.

Контрольные вопросы

1. Какие детали относятся к механизму газораспределения?
2. Какие дефекты могут быть у клапанов механизма газораспределения и как они контролируются?
3. Опишите способы устранения дефектов клапанов?
4. Какие дефекты могут быть у сёдел клапанов механизма газораспределения и как они контролируются?
5. Опишите способы устранения дефектов сёдел клапанов?
6. Какие дефекты могут быть у направляющих втулок клапанов?
7. Опишите способы устранения дефектов направляющих втулок клапанов?
8. По каким параметрам контролируется качество ремонта и восстановления деталей механизма газораспределения?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 4.
РЕМОНТ И ИСПЫТАНИЕ АГРЕГАТОВ ГИДРОСИСТЕМЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Цель работы: изучить основные дефекты деталей агрегатов гидросистемы сельскохозяйственной техники; изучить способы ремонта и восстановления деталей; ознакомиться с устройством и работой применяемого оборудования, приспособлений и инструмента для испытания агрегатов гидросистемы; получить практические навыки по оценке технического состояния агрегатов гидросистемы после испытаний.

Оснащение рабочего места: детали агрегатов гидросистемы сельскохозяйственной техники с различными дефектами, стенд для испытания агрегатов гидросистемы модели КИ-4815М; приспособления и инструменты для испытания агрегатов гидросистемы.

Устройство и работа стенда для испытания агрегатов гидросистемы модели КИ-4815М

Стенд предназначен для испытания гидронасосов от НШ-10 до НШ-100 и распределителей Р75, Р150.

Основные технические данные стенда:

- рабочее давление, кгс/см^2 (МПа).....160±5 (16±0,5)
- диапазон расходов рабочей жидкости, л/мин ..... 7...120
- частота вращения вала привода насоса, об/мин.....1200±60
- номинальная температура рабочей жидкости, °С.....50±5

Конструктивное исполнение гидравлической системы стенда и размещение, ее узлов, показано на рисунке 10. Стенд состоит из следующих составных частей: рамы, облицовки, привода, гидравлической системы, электрооборудования. Рама *2* стенда сварной конструкции предназначена для установки и крепления узлов привода, гидросистемы, электрооборудования.

Привод стенда состоит из электродвигателя (Р = 22 кВт) и клиноременной передачи, сообщающей шкиву с кулачковой муфтой и приводному валу число оборотов 1200 об/мин. На приводном валу закреплена пластинка, которая входит в щель бесконтактного датчика и за оборот вала привода сообщает один импульс, подаваемый на электронный счетчик оборотов.

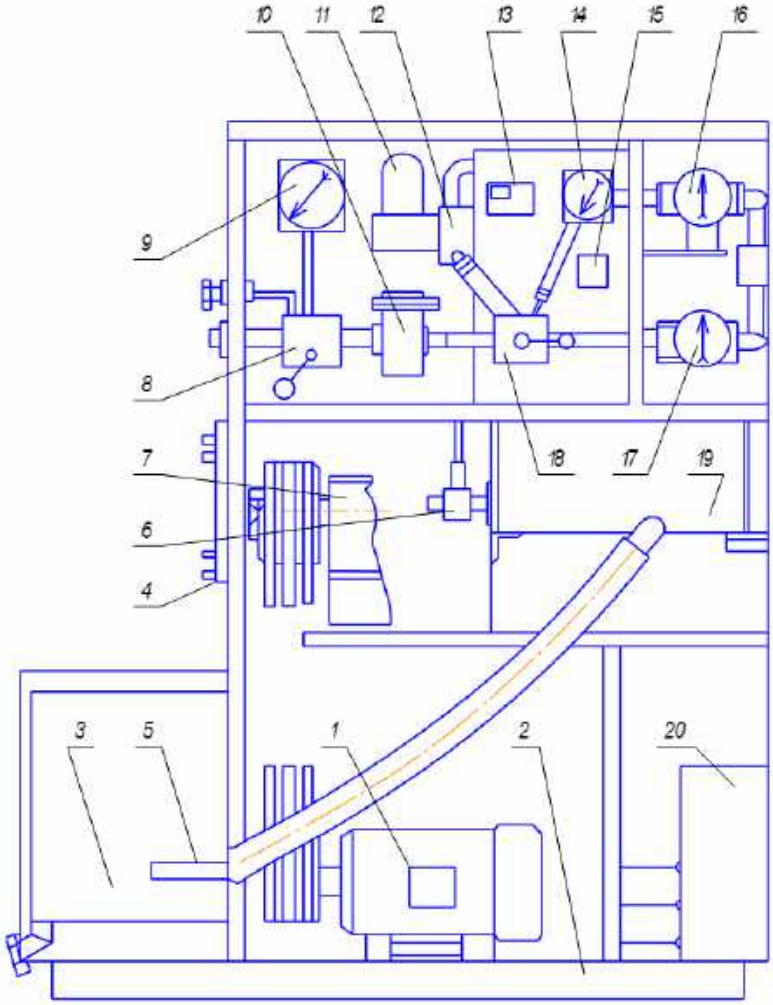


Рис. 10. Устройство стенда модели КП-4815М:
1 – электродвигатель; 2 – рама; 3 – гидробак; 4 – установочная плита; 5 – датчик терморегулятора; 6 – регулятор температуры; 7 – опора шкива привода; 8 – блок гидравлический; 9 – манометр высокого давления МП3-У; 10 – фильтр масла сетчатый; 11 – фильтр центробежный; 12 – плита фильтра; 13 – счётчик оборотов; 14 – манометр МПЧ-У; 15 – термометр дистанционный ТКП-60; 16 – счётчик жидкости ШЖУ-4С-6; 17 – счётчик жидкости Ш1У-25М; 18 – кран; 19 – охлаждающее устройство; 20 – электроящик

Гидробак *3* служит резервуаром рабочей жидкости. Сверху бак закрыт заглубленным поддоном, имеющим сетчатый фильтр, через который заливается рабочая жидкость. На поддоне имеется указатель уровня рабочей жидкости, горловина для прохода всасывающего трубопровода насоса, штуцер слива. В патрубке гидробака установлены датчики терморегулятора *5* и термометра дистанционного *15*.

Гидравлический блок 8 имеет щелевой дроссель, при помощи которого создается необходимая нагрузка для режима испытания и предохранительный клапан, отрегулированный на максимальное давление нагрузки (180 кгс/см^2).

Фильтр сетчатый *10* предназначен для грубой очистки масла и предохраняет центробежный фильтр *11* от засорения его сопел грубыми частицами. Кран *18* имеет переключатель шарикового типа и служит для направления потока рабочей жидкости на тонкую фильтрацию или на измерение потока одним из жидкостных счетчиков. Центробежный фильтр *11* крепится к плите *12*, в которой встроен редукционный клапан, обеспечивающий давление перед фильтром 6...6,5 кгс/см^2 для нормального режима очистки.

Счетчики жидкости *16, 17* служат для измерения количества жидкости при определении объемной подачи насосов. Счетчик *16* включают для измерения подач в пределах от 40 до 120 л/мин, счетчик *17* при производительности от 7 до 40 л/мин.

Охлаждающее устройство *19* предназначено для охлаждения рабочей жидкости. Оно состоит из бака охлаждения с распределительной трубкой и установленной в баке сердцевины радиатора трактора и подводящего водопровода. Присоединительные штуцеры обозначены табличками «Подвод», «Отвод», «Слив».

Терморегуляторная система служит для поддержания заданной температуры рабочей жидкости и состоит из регулятора температуры *6* (РТ-15), подающего необходимое количество воды на охлаждающее устройство *19*. В сливном патрубке гидробака установлен датчик *5* регулятора температуры. Он омывается охлажденным маслом из охлаждающего устройства.

На передней стороне стенда расположена установочная плита *4* (рис. 11) для крепления испытуемых агрегатов и приспособлений.

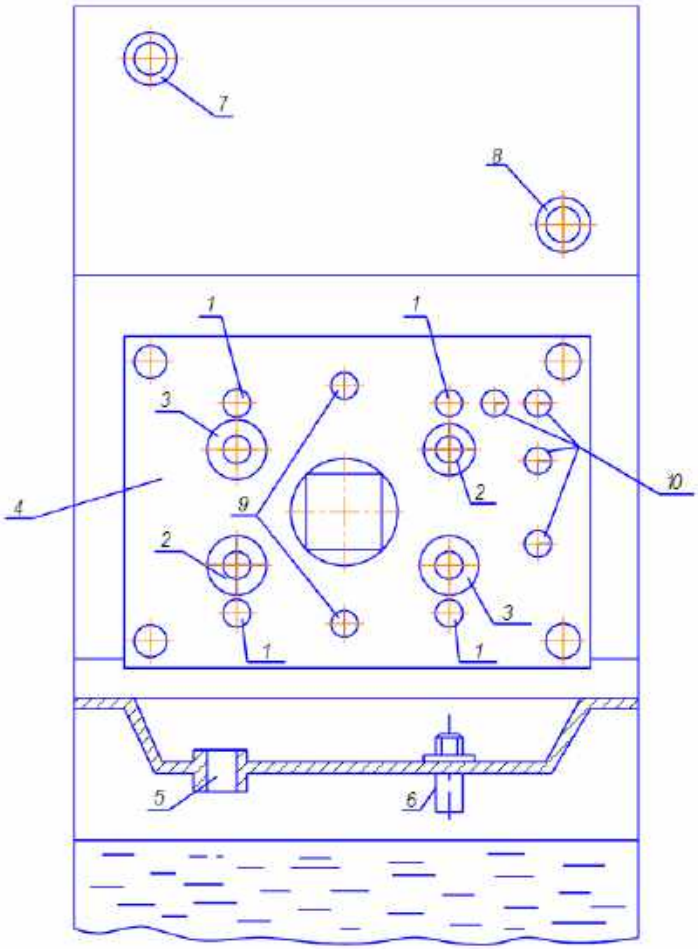


Рис. 11. Установочная плита стенда:
1 – отверстия М12 для крепления насоса НШ-67, НШ-100-2; 2 – утопающая шпилька для крепления насосов НШ-67, НШ-100-2; 3 – утопающая шпилька для переходной плиты установки насосов НШ-10 и для переходной плиты установки насосов НШ-32, НШ-46, НШ 50-2; 4 – установочная плита; 5 – горловина поддона гидробака для прохода всасывающего шланга насоса; 6 – штуцер слива в бак для испытуемых гидроагрегатов; 7 – крепление для регулировки гильзы золотника распределителя; 8 – штуцер подсоединения к линии нагружения стенда; 9 – резьбовое отверстие для установки приспособления для закрепления на стенде насосов НШ-32, НШ-46, НШ-10; 10 – резьбовое отверстие для крепления приспособления для установки распределителей Р75 и приспособления для установки распределителя Р150

Присоединительные штуцеры и установочные элементы крепления изображены на рисунке 11. Расположение приборов и элементов управления показано на рисунке 12.

Исходное положение рукояток при пуске дроссель нагружения *8* «Открыт», включена тонкая очистка центробежный фильтр *7*.

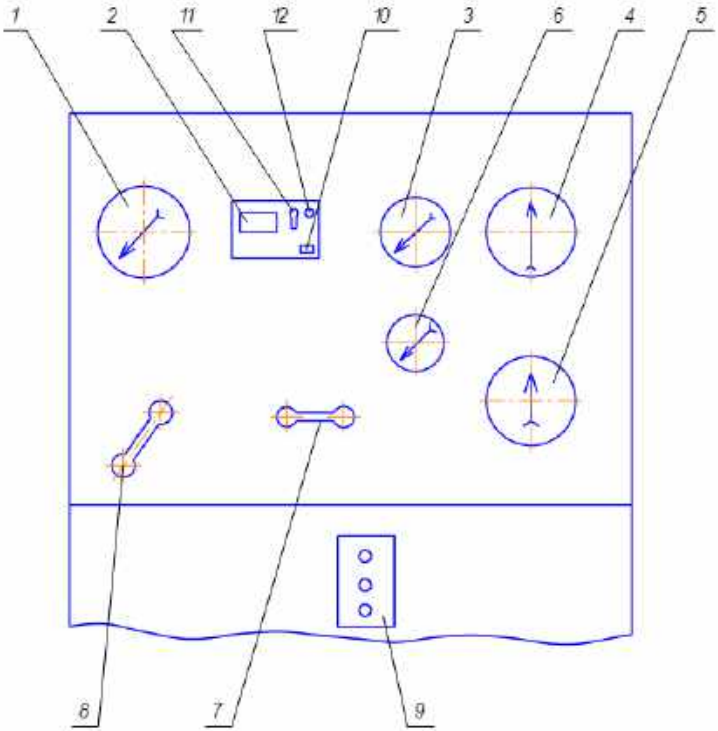


Рис. 12. Расположение приборов и элементов управления:
1 – манометр давления нагружения; 2 – электронный счётчик оборотов; 3 – манометр режима центробежного фильтра; 4 – счётчик жидкости подач от 40 до 120 л/мин; 5 – счётчик жидкости подач от 7 до 40 л/мин; 6 – термометр рабочей жидкости; 7 – рукоятка переключения счётчиков жидкости и включения тонкой очистки; 8 – рукоятка дросселя нагружения; 9 – кнопочная станция электропривода; 10 – тумблер включения-выключения счёта счётчика; 11 – тумблер включения питания электронного счетчика оборотов; 12 – кнопка сброса показания счётчика

Порядок выполнения работы

Испытание насосов

Испытываемый насос устанавливается на плиту *4* (рис. 11) стенда, применяя в зависимости от марки насоса соответствующие принадлежности.

Для установки насоса НШ-32 используется соответствующая переходная плита и скоба крепления.

Перед включением стенда необходимо рукоятку управления дросселя *8* (рис. 12) поставить в положение «Открыто», а рукоятку *7* в положение счетчик «Выключен». При таком положении рукояток вся жидкость проходит через центробежный фильтр. При включении стенда манометр *3* должен показать давление не более 7 кгс/см^2 .

Обкатка начинается при работе насоса без нагрузки в течение 3-х минут. Далее, поднимая дроссель давления, необходимо обкатать насос под нагрузкой согласно режима (табл. 6).

Последний режим осуществляется кратковременным нагружением 5...6 раз в течении 0,5 мин, при этом необходимо проверить герметичность уплотнений насоса.

Таблица 6

Режимы обкатки насосов после ремонта

Тип насоса	Сорт масла	Температура, °С	Нагрузка, кгс/см^2	Продолжительность, мин
НШ – 10 НШ – 32	М-8Г	45…55	0	3
			20	4
			40	4
			70	8
			100	3
НШ – 67	М-10Г		120	0,5

Определение объемной подачи насоса

Во избежание выхода из строя счетчиков жидкости их включение допустимо после предварительной работы насоса через центробежный фильтр.

Установить рукоятку *7* (рис. 11) в положение «Счетчик включен». Положение рукоятки *7* зависит от марки испытываемого насоса: НШ-10, НШ-32 в положении от 7 до 40 л/мин, НШ - 67, НШ -100 в положении от 40 до 120 л/мин.

Устанавливаем номинальный режим работ насоса. Рукояткой *8* дросселя увеличиваем давление до 100 кг/см^2. Температура масла при испытании должна быть равна 50°С.

Выбрав по таблице 7 необходимый объем отсчета для испытуемого, насоса, включаем тумблером *11* питание электронного счетчика оборотов *2*.

Таблица 7

Таблица объмов отсчета для определения объемной подачи и теоретической подачи насоса за оборот вала насоса

Марка насоса	Объем отсчета, л	Теоретическая подача насоса за один оборот, см^3	Минимальная допустимая подача насоса за один оборот, см^3
НШ – 10	30	10	8,2
НШ – 32	90	32	26,8
НШ – 50	130	50	41,0

При проходе стрелки счетчика через деление, принято за начало отсчета, включить тумблером *10* импульсный счетчик и остановить его повторным нажатием кнопки *10*, при проходе стрелки через деление, соответствующее окончанию отсчета. Промежуток между делениями соответствует объему отсчета жидкости.

По полученному числу оборотов на табло счетчика определяем объемную подачу на один оборот вала насоса по формуле:

$$q_{\phi} = \frac{1250 \cdot Q_{H}}{\sum n},$$

где q_{Φ} – объемная подача на один оборот вала насоса, см^3/об

Q_H – объем отсчета (табл. 7);

Σn – количество оборотов.

Объемную подачу насоса можно замерить также с помощью секундомера, замеряя время прохождения масла, соответствующее объему отсчета. Тогда объемная подача за один оборот вала насоса определится по формуле:

$$q_{\phi} = \frac{1000 \cdot Q_{H}}{1250 \cdot t},$$

где t – время прохождения масла, соответствующее объему отсчета, мин.

Далее необходимо сравнить полученную подачу насоса с теоретической подачей за один оборот (табл. 6) и сделать заключение о годности насоса. Критерием годности будет коэффициент подачи насоса, то есть отношение фактической и теоретической производительности:

$$\eta = \frac{q_\Phi}{q_T};$$

где q_Φ, q_T соответственно фактическая и теоретическая подача насоса за один оборот вала, см^3. Если величина $\eta < 0{,}65$ то такой насос необходимо ремонтировать. Результаты испытания насоса заносятся в таблицу 8.

Таблица 8

Журнал испытаний

Объем отсчета	Давление нагнетания, МПа	Подача насоса за один оборот			Частота вращения насоса, об/мин	Температура масла в баке	Коэффициент подачи насоса
		По техническим условиям	фактическая	Расчетная (теоретическая)			

Испытание гидрораспределителя

Испытание распределителя производится с использованием эталонного или ранее испытанного насоса.

В зависимости от марки гидрораспределителя (Р75 или Р150) устанавливаем соответствующее приспособление. Приспособления крепятся к установочной плите стенда с помощью резьбовых отверстий *10* (рис. 11). Далее к ним с помощью болтов крепятся распределители.

Присоединить тройник к штуцеру *8* линии нагружения стенда (рис. 11). Соединить нагнетательную полость насоса и напорную полость распределителя через шланги высокого давления с тройником. Слив от крышки распределителя осуществить рукавом к штуцеру *6* (рис. 11) слива в бак. Остальные присоединительные отверстия распределителя должны быть заглушены. Поочередно

установить каждый из золотников в рабочее положение и, увеличивая дросселем *8* (рис. 12) давление до номинального (100 кгс/см^2), проверяем надежность фиксации золотников. Давление контролируется по манометру стенда.

Проверка давления срабатывания автомата возврата золотника и предохранительного клапана. Проверки производим, не изменяя схему подключения насоса и распределителя. Установить золотник поочередно в рабочее положение, постепенно поднимая давления дросселем *8* (рис. 12), определить по манометру давление срабатывания автоматов.

Установить один из золотников в рабочее положение (на подъем или опускание). Удерживая посредством рукоятки золотник в рабочем положении, поднять дросселем давление до срабатывания предохранительного клапана. Давление открытия клапана (скачок стрелки) и давление полного открытия клапана (давление больше не растет) контролируется по манометру.

При давлении срабатывания предохранительного клапана распределителя контроль герметичности корпусных деталей и уплотнений. Время испытания одна минута, подтекания масла не допускается.

При переводе рукояток распределителя в «нейтральное» положение или плавающее давление масла по манометру должно составить 0,2...0,3 МПа.

Проверка утечки в паре «корпус – золотник». Отсоединить шланг от напорной полости распределителя и подсоединить его к штуцеру распределителя, ведущего к цилиндру. Заглушить штуцер напорной полости распределителя. Проявляемый золотник установить в нейтральную позицию. Дросселем нагрузить пару «корпус-золотник» до 100 кгс/см^2. Контроль утечек произвести у выхода сливного патрубка.

Регулировка гильзы золотника распределителя. Проверку гильзы золотника гидрораспределителя производят с помощью двух приспособлений. Первое приспособление (рис. 13) установлено внутри стенда и имеет выход *7* (рис. 11) на рабочей стороне стенда над установочной плитой *4* для подсоединения гильзы золотника гидрораспределителя.

Проверяемую гильзу золотника устанавливают в основание приспособления. Для этого с приспособления (рис. 13) необходимо снять пробку – заглушку *1* и вместо неё завернуть проверяемую гильзу золотника.

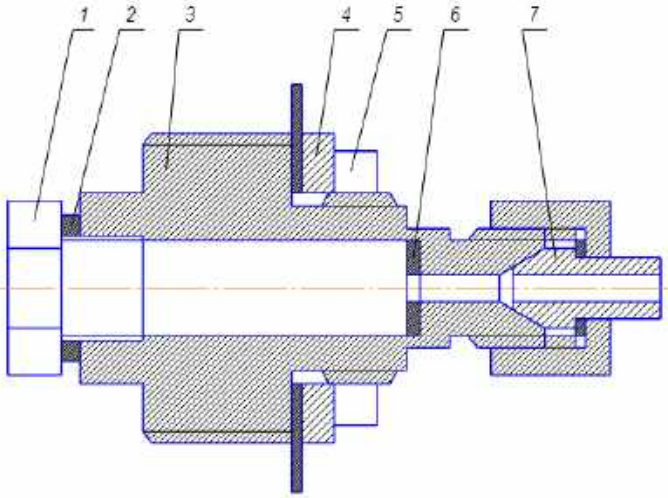


Рис. 13. Приспособление для крепления гильзы золотника при регулировке:
1 – пробка; 2, 6 – прокладка; 3 – корпус; 4 – шайба;
5 – контргайка; 7 – трубка манометра

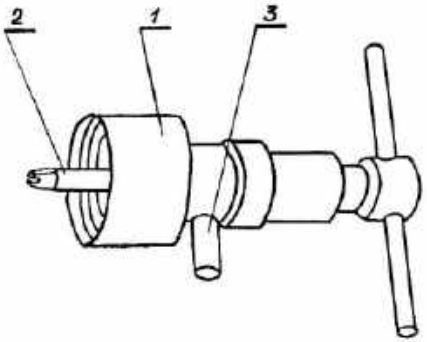


Рис. 14. Приспособление для регулировки гильзы золотника:
1 – гайка накидная; 2 – отвёртка для регулировки гильзы; 3 – патрубок

Затем с помощью второго приспособления (рис. 14), производится регулировка гильзы золотника.

Во время регулировки золотника на стенде должен быть установлен насос НШ-10Е2. При нагружении дросселем срабатывание клапана гильзы выставляется по скачку стрелки манометра.

Поворотом регулирующей отвёртки *2* (рис. 14) необходимо добиться срабатывания механизма при заданном давлении (табл. 9).

Таблица 9

Технические условия для проверки гидрораспределителей

Температура масла, °С	Давление срабатывания автомата возврата золотника, кгс/см^2	Давление срабатывания предохранительного клапана, кгс/см^2
45-50	110-120	130-135

Результаты испытаний гидрораспределителя необходимо занести в журнал (табл. 10).

Таблица 10

Журнал испытаний гидрораспределителя

Показатель	По техническим условиям	При испытании
Давление срабатывания автоматики золотников, МПа		
Давление открытия предохранительного клапана, МПа		
Давление перепуска масла через предохранительный клапан, МПа		
Давление свободного перепуска масла, МПа		
Герметичность гидрораспределителя, с		
Герметичность срабатывания клапана гильзы		
Давление срабатывания клапана гильзы золотника, МПа		

Испытание силовых гидроцилиндров. Испытание гидроцилиндра производится с использованием эталонных или ранее испытанных насосов и распределителя. Гидроцилиндр устанавливается на специальной подставке и подключается к одному из золотников распределителя попеременно в положении «подъем» и «опускание» заполняют обе полости цилиндра маслом. Одновременно проверяют перемещение поршня в цилиндре. Максимальное давление масла, необходимо для перемещения поршня без нагружения цилиндра, не должно превышать 0,5 МПа. Время выдвижения штока основного цилиндра не должно превышать 2,5 с, а время возврата в исходное положение до автоматической установки - 1...1,5 с. (табл. 11).

Таблица 11

Технические условия для проверки гидроцилиндров

Температура масла, °С	Давление, кгс/см^2	Ход штока, мм	Время выдвижения, с	Время возврата, с
45-50	100	160-200	2,5	1-1,5

Производится проверка гидромеханического клапана регулирования хода цилиндра: ограничитель хода установить в каком-то промежуточном положении. Включить стенд и, установив соответствующий золотник на опускание, произвести втягивание поршня в цилиндр. Шток должен остановиться автоматически после закрытия клапана упором. Проверяют герметичность цилиндра под давлением масла 13,5 МПа, задерживая рукоятку распределителя в каждом рабочем положении в течении одной минуты, течь и просачивание масла не допускается.

Проверяют уплотнение поршня гидроцилиндра, для чего отсоединяют шланг передней (штоковой) полости цилиндра от штуцера распределителя и опускают конец шланга в емкость для сбора масла. Штуцер распределителя глушат. Ставят рукоятку распределителя в положение «подъем», поднимают в нагнетательной магистрали по манометру стенда до 7 МПа. При этом давление течи масла из противоположной полости цилиндра в течении трех минут не допускается. Результаты испытаний гидроцилиндра заносятся в журнал (табл. 12).

Таблица 12

Журнал испытаний гидроцилиндра

Показатель	По техническим условиям	При испытании
Ход штока		
Величина зазора между упором штока и торцом стержня гидромеханического клапана, мм		
Время выдвижения штока, с		
Время возврата штока, с		
Герметичность цилиндра, с		
Уплотнение поршня, с		

По результатам испытаний дать заключение о степени годности агрегатов гидросистемы к работе, при необходимости предложить технологию ремонта.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные агрегаты гидросистемы тракторов, автомобилей и другой с.-х. техники.
2. Какие дефекты могут быть у шестерёнчатых насосов?
3. Опишите способы устранения дефектов шестерёнчатых насосов.
4. Какие дефекты могут быть у гидрораспределителей?
5. Опишите способы устранения дефектов гидрораспределителей.
6. Какие дефекты могут быть у гидроцилиндров?
7. Опишите способы устранения дефектов гидроцилиндров?
8. Как контролируется качество ремонта агрегатов гидросистемы?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 5. РЕМОНТ ГИЛЬЗ И ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Цель работы: изучить существующие методы ремонта и восстановления гильз и цилиндров автотракторных двигателей; изучить устройство и принцип работы отделочно-расточного станка 2Е78П; получить практические навыки по расточке гильз и цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

Оснащение рабочего места: гильзы автотракторных двигателей с различной степенью износа, отделочно-расточной станок 2Е78П с приспособлениями, микрометр, индикаторный нутромер, образцы шероховатости.

Растачивание гильз и цилиндров под ремонтный размер

Устройство отделочно-расточного станка 2Е78П

Станок предназначен для расточки блоков цилиндров и гильз автотракторных двигателей, а также для сверления и расточки отдельных деталей, тонкого фрезерования с использованием универсального шпинделя.

Станок состоит из следующих основных сборочных единиц: основания, стола, колонны, шпиндельной бабки, коробки скоростей и подач, сменных шпинделей. Общий вид станка показан на рисунке 15.

Основание является базовой деталью, на которой устанавливаются все остальные сборочные единицы станка. Сверху имеет привалочную плоскость, к которой крепятся колонна, коробка скоростей и подач. Основание станка имеет направляющие, по которым перемещается подвижный стол. Внутри основания располагаются электродвигатели главного движения, ускоренного хода шпиндельной бабки и привода стола.

Таблица 13

Техническая характеристика станка 2Е78П

Номинальный размер растачиваемого отверстия, мм:	
наибольший	200
наименьший	28
Наибольший диаметр сверления, мм	15
Наибольший ход шпинделя бабки, мм	500
Скорость быстрого хода шпинделя, мм/мин	2000
Подача шпиндельной бабки, мм/об	0,025-0,2
Частота вращения шпинделя, мин	26-1200
Диаметр отверстия, мм, растачиваемого шпинделем:	
Ø 48 мм	50-82
Ø 78 мм	82-125
Ø 120	125-200
Диаметр отверстия, мм, растачиваемого специальным шпинделем для расточки блоков V – образных двигателей	82-125
Глубина расточки в зависимости от растачиваемого диаметра, мм:	
шпиндель диаметром 48 мм	185
шпиндель диаметром 78 мм	250
шпиндель диаметром 120 мм	не более 410
специальный шпиндель	140-190

Подвижный стол станка состоит из двух частей: нижней – салазок, которые перемещаются в поперечном направлении по направляющим основания, и верхней – стола, перемещающегося в продольном направлении по направляющим салазок.

Установочные перемещения стола, продольные и поперечные, производятся вручную при помощи маховиков *14* и *17* (рис. 15). Кроме этого, можно осуществлять механическое передвижение стола в продольном направлении от электродвигателя быстрого хода. В зависимости от расположения рукоятки переключения быстрого хода *21* (рис.15) можно получить быстрое перемещение (вертикальное положение рукоятки), рабочее движение (рукоятка влево) и ручное перемещение (рукоятка вправо).

Изменение направления быстрых ходов стола осуществляется поочередным нажатием на кнопки привода стола вправо – *45* или влево – *43* (рис. 16).

Колонна крепится на основании. По ее направляющим – призматической и плоской – перемещается шпиндельная бабка. В верхней части колонны на кронштейне укреплены ролики,

по которым движется цепь противовеса с грузом для уравновешивания веса шпиндельной бабки.

На передней стенке колонны между направляющими расположены ходовой винт шпиндельной бабки и шлицевой валик привода шпинделя, укрепленные в приставных кронштейнах. В нижней части колонны располагается установленная на основании коробка скоростей и подач. Управление коробкой осуществляется рукоятками *1* и *9* (рис.15).

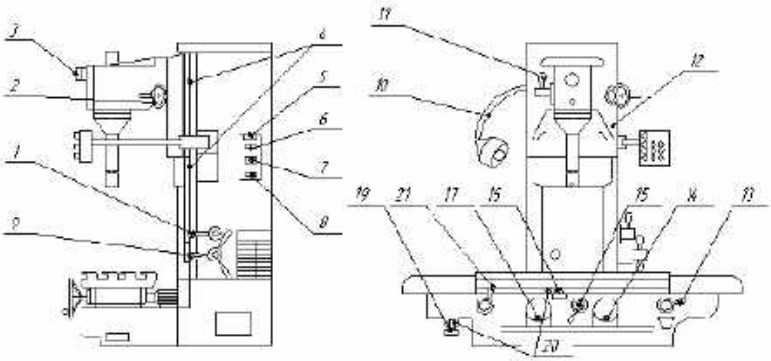


Рис. 15. Общий вид станка 2Е78П:

1 – переключение подачи шпиндельной бабки; 2 – маховик ручного переключения шпиндельной бабки; 3 – маховик радиальной подачи резца; 4 – упоры автоматического включения движения шпинделя бабами; 5 – вводный автомат; 6 – пуск; 7 – переключатель; 8 – стоп; 9 – рукоятки переключения шпинделя; 10 – освещение; 11 – отключения шпинделя от кинематической цепи; 12 – фиксация шпинделя при фрезеровании; 13 – крепление стола от поперечного перемещения; 14 – ручное поперечное перемещение стола; 15 – крепление стола от продольного перемещения; 16,19 – крепление микроскопа; 17 – продольное ручное перемещение стола; 20 – концевик; 21 – переключение скорости перемещения стола

В *шпиндельной бабке* расположены механизмы привода шпинделя, шпиндельной бабки и ручных перемещений.

Механизм привода шпинделя имеет механизм отключения *11* от кинематической цепи его привода, что облегчает вращение шпинделя от руки при установке и центрировании обрабатываемых деталей. Ручное перемещение шпиндельной бабки осуществляется рукояткой *2 (*рис 15). Механическое перемещение шпиндельной бабки осуществляется нажатием кнопки *47* и *48* (рис. 16).

Исполнение механизма ручных перемещений позволяет вмешиваться в механическую подачу, благодаря чему сокращается время подвода резца на врезание.

В шпиндельной бабке предусмотрено устройство для ручного радиального перемещения резца, которое также позволяет осуществлять подрезку торца и растачиваемого отверстия и безрисочных вывод резца из обрабатываемого отверстия. Маховичок *3* (рис. 15) ручного перемещения резца с индикатором расположен на передней стенке шпиндельной бабки.

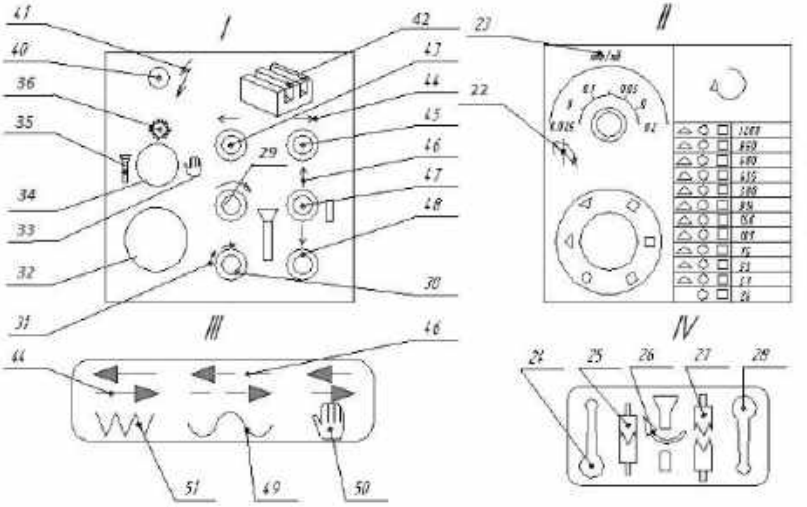


Рис. 16. Панели управления:
I – панель управления станком; I – панель переключения скоростей и подач; III – панель управления перемещением стола; IV – панель управлением шпинделем; 22 – изменение частоты вращения шпинделя; 23 – изменение подачи; 24 – рукоятка вверх; 25 – муфта включена; 26 – вращательное рабочее движение; 27 – муфта выключена; 28 – рукоятка вниз; 29 – вращение шпинделя; 30,31 – проворот шпинделя; 32 – кнопка стоп; 33 – наладка; 34 – кнопка переключения циклов; 35 – шпиндель; 36 – фрезерование; 40 – контрольная лампа; 41 – индикатор напряжения, 42 – стол; 43 – кнопка перемещения стола влево; 45 – кнопка перемещения стола вправо; 46 – указатель перемещения шпинделя; 47 – кнопка перемещения шпинделя вверх, быстрый ход; 48 – кнопка перемещения шпиндель вниз; 49 – ускоренное движение стола; 50 – ручное управление передвижением стола; 51 – замедленное движение стола

Коробка скоростей и подач установлена внутри колонны и служит для передачи вращения от электродвигателя главного привода к валику привода шпинделя и ходовому венту шпиндельной бабки, а также для передачи вращения от электродвигателя быстрых ходов ходовому винту шпиндельной бабки. Для управления коробкой предназначены четыре рукоятки, различные положения которых обеспечивают режим работы станка.

Сменные шпиндели (рис.17) устанавливаются и крепятся на шпиндельную бабку с учетом диаметра растачиваемого отверстия. Шпиндели собраны на прецизионных радиально – упорных шарикоподшипниках с лабиринтными уплотнениями. Универсальный шпиндель устанавливается на станок для расточки отверстия диаметром от 27 до 200 мм небольшой глубины при помощи специальных борштанг или резцедержателей с точной подачей, а также для сверления или развертывания отверстий в отдельных деталях и для фрезерования. Шпиндель выполнен с приемным конусом, а конец шпинделя рассчитан на применения вспомогательного инструмента в сочетании с переходными втулками.

Специальный шпиндель служит для расточки V – образных двигателей диаметром от 82 до 125 мм.

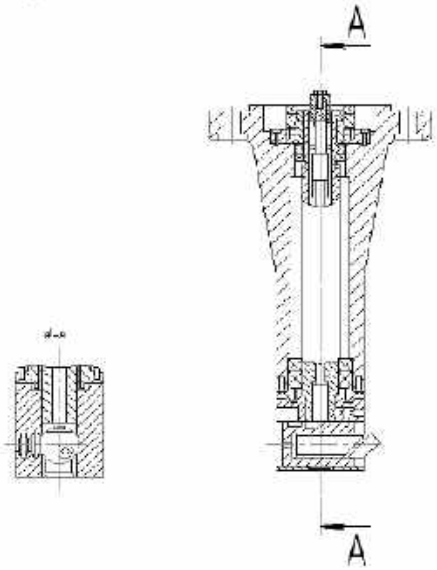


Рис. 17. Шпиндель диаметром 28 мм

Заводами изготовителями разработаны и поставляются по особому заказу целый ряд принадлежностей, приспособлений для настройки станка и расширения его технологических возможностей.

Определение режимов расточки гильз и настройка станка

Расчет и подбор режимов. Основной способ ремонта внутренней поверхности гильз и цилиндров – обработка под ремонтный размер. Гильзы карбюраторных двигателей обычно имеют несколько ремонтных размеров, с шагом через 0,5. Гильзы дизелей, как правило, имеют один ремонтный размер, увеличенный на 0,7 мм.

Для определения ремонтного размера гильзу измеряют индикаторным нутромером в двух взаимно перпендикулярных плоскостях на расстоянии 10-30 мм от верхней кромки, в средней части и на расстоянии 20-30 мм от нижнего края цилиндра (гильзы). К полученному размеру цилиндра на максимально изношенном участке добавляют два припуска: на невыход резца и последующую обработку. Припуск на невыход резца обеспечивает работу резца в металле. В случае выхода на поверхность металла возможно скольжение резца на поверхности с последующим резким его заглублением, приводящим к искажению формы обрабатываемой детали.

Ближайший ремонтный размер цилиндра должен быть больше (или равен) расчетного:

$$Д_{р.р.} \geq d_{max} + 2a + b, \qquad (1)$$

где $Д_{р.р.}$ – ремонтный размер, мм;

d_{max} – наибольший диаметр изношенного цилиндра, мм;

a – припуск на сторону на невыход резца (a = 0,02…0,03 мм);

b – припуск на диаметр на последующую обработку (при хонинговании ориентировочно составляет 0,05…0,07 мм).

Окончательную величину $Д_{р.р.}$ определяют по техническим требованиям на ремонт или справочной литературе. Сведения о размерах гильз и цилиндров основных марок двигателей приведены в справочных материалах.

Диаметр растачиваемого отверстия:

$$Д_р = Д_{р.р.} - b, мм. \qquad (2)$$

Дополнительный вылет резца:

$$h = \frac{Д_р - d_п}{2}, мм, \quad (3)$$

где $d_п$ – диаметр цилиндра по верхнему неизношенному пояску, мм.

Режим растачивания определяют по справочным материалам и уточняют при практическом опробовании. Рекомендуемые параметры режима при растачивании приведены в справочных материалах.

Для реализации выбранной скорости резания определяют частоту вращения шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot Д_р}, \ мин^{-1}, \quad (4)$$

где v – скорость резания, м/мин.

По паспорту станка устанавливают фактические значения частоты вращения шпинделя и подачи (ближайшие к рассчитанным и выбранным).

Технологическое время растачивания (на 1 проход) определяют по формуле:

$$T_o = \frac{L_р}{S_ф \cdot n_ф}, мин, \quad (5)$$

где $L_р$ – рабочий ход шпиндельной бабки, мм, определяемый как длина растачиваемого цилиндра плюс 5…6 мм на врезание и перебег резца;

$S_ф$ – фактическая подача, мм/об; $n_ф$ – фактическая частота вращения шпинделя, мин$^{-1}$.

Овальность и конусность гильзы после растачивания не должны превышать соответственно 0,04 и 0,06 мм. Шероховатость поверхности должна соответствовать шестому классу (R_a = 2,5…1,25 мкм).

Порядок расточки. При растачивании блоки цилиндров двигателей устанавливают непосредственно на стол станка и крепят

прихватами через Т-образные пазы. Гильзы устанавливают в приспособление, которое также закрепляют на столе станка.

В зависимости от диаметра обрабатываемого отверстия подбирают и устанавливают на станке *соответствующий шпиндель*.

Ось растачиваемого отверстия должна точно совпадать с осью шпинделя станка. Перемещение растачиваемой детали при центрировании производится при помощи продольного и поперечного движения стола (механическим и ручным способом). Центрирование можно подразделить на два этапа: предварительное (грубое) и окончательное (точное).

Грубое центрирование осуществляют с помощью центрирующего конуса, шарового пальца или «на глаз» устанавливая резцовую головку шпинделя в центре отверстия.

Точное центрирование производят с помощью специального приспособления (рис.18) с индикатором часового типа, которое устанавливают на шпинделе станка.

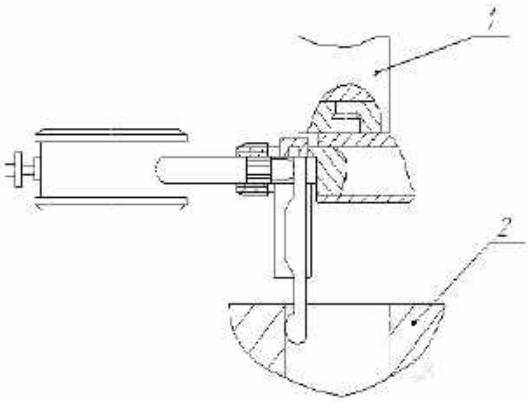


Рис. 18. Приспособление для центрирования обрабатываемой детали:
1– шпиндель; 2 – обрабатываемая деталь

Приспособление (рис. 18) состоит из пяты, ввинчиваемой в торец резцовой головки шпинделя, державки с гайкой, цангового зажима на конце для крепления индикатора. Рычаг свободно поворачивается на оси, касаясь упором на конце одного плеча обрабатываемой поверхности (по неизношенному пояску в верхней части цилиндра), другим – измерительного наконечника индикатора.

Поворачивая индикатор на 180°, определяют величину смещения гильзы. Перемещают стол таким образом, чтобы показания индикатора уменьшились на половину. Гильзу центрируют в двух перпендикулярных плоскостях.

После этого производят установку резца на размер: резец подводят режущей гранью к поверхности отверстия (на глубине 3…4 мм от верхнего торца гильзы), при помощи лимба индикатора станка отсчитывают добавочное движение резца, необходимое для получения нужного диаметра отверстия.

Подачу резца на заданный размер расточки осуществляют при вращении шпинделя.

Установку резца на размер можно выполнить также с помощью специального микрометра (с призмой), либо с помощью специального приспособления (наездника), которое настраивают по специальному калибру и закрепляют на резцовой головке.

При установке резца с помощью микрометра, последний устанавливают на размер по формуле:

$$L = \frac{Д_Г + Д_{р.р.} - b}{2}, \qquad (6)$$

где $Д_Г$ – диаметр головки шпинделя станка, мм.

В качестве режущего инструмента при расточке используют резцы из быстрорежущей стали, с пластинами из твердого сплава (ВК6, ВК8 и др.). Наибольшую производительность и качество обработки обеспечивает применение резцов с вставками из сверхтвердых синтетических материалов: эльбора (ТУ 2-037-194-77) и гексанита-Р (ТУ 2-037-320-81). Стойкость таких резцов до переточки до 10 раз выше, чем у резцов с твердосплавными пластинами. Конструкция и геометрия расточного резца показаны на рисунке 19.

При обработке используют также специальные подрезные резцы для подрезки торца в обрабатываемых отверстиях. Форма хвостовой части резца позволяет закреплять их в резцовой головке шпинделя с помощью прижимного винта.

Практически на производстве растачивание производят в два прохода: черновое и чистовое точение.

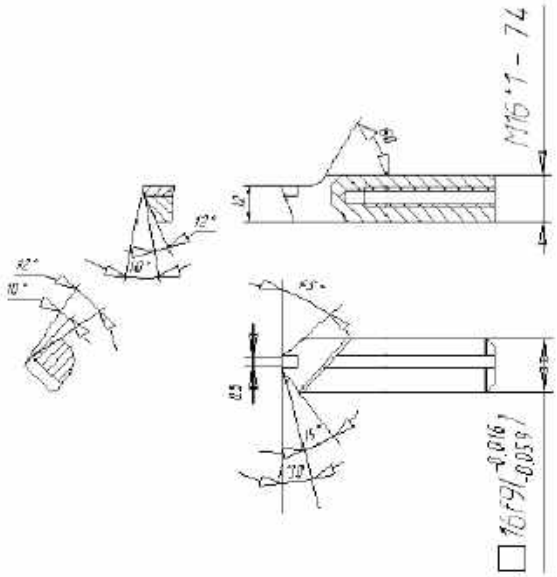


Рис. 19. Конструкция и геометрия расточного резца

Правильно назначенный режим растачивания позволяет уменьшить конусность и овальность расточенных гильз до 0,01…0,03 мм и припуск на последующее хонингование до 0,04…0,05 мм, что обеспечивает существенное снижение затрат на финишную обработку.

Порядок выполнения работы

Определение ремонтного размера и режима обработки. Очистить верхнюю и нижнюю полость цилиндра от загрязнений и нагара, при наличии забоин удалить их шабером или личным напильником. Зеркало цилиндра протереть насухо обтирочным материалом.

Выполнить необходимые измерения. Определить ремонтный размер или принять размер гильзы по указанию преподавателя.

Определить диаметр растачиваемого отверстия, и дополнительный вылет резца. Руководствуясь значениями режима обработки указанными в справочных материалах определить режим растачивания.

По формуле (4) определить частоту вращения шпинделя станка и принять фактическую частоту вращения в соответствии с технической характеристикой станка. По формуле (5) определить технологическое время обработки.

Установка гильзы на станке. Установить гильзу в приспособление. Закрепить приспособление на столе станка.

При помощи рукояток продольного и поперечного движения стола выполнить предварительное центрирование.

Произвести точное центрирование с помощью специального приспособления (рис.18) с индикатором часового типа. Для этого в торец шпинделя ввернуть пяту, в отверстие которой установить приспособление. Закрепить его необходимо в положении, когда стрелка индикатора сделает один оборот (дать натяг индикатору). Поворачивая шкалу индикатора, установить стрелку на ноль. Поворачивая индикатор на 180° (за резцовую головку), определить величину смещения гильзы. Используя маховики *14* и *17*, переместить стол таким образом, чтобы показания индикатора уменьшились на половину. Аналогично провести центрирование в плоскости, перпендикулярной первой. Центрирование будет достигнуто, когда показания индикатора в обеих плоскостях не будет превышать величину 0,02 мм. Затем необходимо застопорить стол рукоятками *13* и *15* при этом необходимо следить за тем, чтобы центровка не нарушилась, и снять приспособление.

При помощи лимба *3* (рис.15) подвести резец режущей гранью к поверхности отверстия, при этом резцовую головку необходимо проворачивать. Затем при помощи лимба индикатора отсчитать добавочное движение резца, необходимое для получения нужного размера отверстия. Подачу резца на заданный размер расточки следует осуществлять при вращении шпинделя.

Расточка гильзы и контроль качества выполненных работ. С помощью рукояток *1* и *9* (рис.15) установить выбранный режим обработки. Рукояткой *2* включить привод шпинделя. Установить переключатель *34* (рис. 16) в положение «Наладка» проверить работу станка. Далее переключатель установить в положении «Цикл» и кнопкой *48* произвести пуск станка.

Произвести растачивание цилиндра на глубину до 5 мм. Остановить станок, поднять шпиндель и проконтролировать полученный размер. При ошибке ввести корректировку. Произвести растачивание цилиндра на полную длину.

После расточки вывести шпиндель из цилиндра и выключить станок. Выполнить измерения полученного диаметра внутренней поверхности, определить овальность и конусность. Сравнить с эталоном, определить шероховатость поверхности.

Полученные результаты оформить в виде журнала (табл. 14).

Таблица 14

ЖУРНАЛ

Гильза двигателя _____

Оборудование _____

Инструмент (приспособления) _____

Показатели	Значения	Примечания (расчет значений)
Наибольший диаметр , d_{max}, мм		
Ремонтный размер, $Д р.р.$, мм		
Диаметр расточки $Д р$, мм		
Дополнительный вылет резца h, мм		
Выбор режима растачивания:		
- глубина резания, мм		
- подача, мм/об:		
- теоретическая		
- фактическая		
- скорость резания, м/мин		
- частота вращения шпинделя, $мин^{-1}$:		
- теоретическая		
- фактическая		
- технологическое время растачивания (на 1 проход), мин		
Диаметр после растачивания, мм		
Овальность после растачивания, мм		
Конусность после растачивания, мм		
Шероховатость поверхности (класс)		

Контрольные вопросы

1. Назовите дефекты цилиндров и гильз двигателей внутреннего сгорания. Как изнашивается их внутренняя поверхность.
2. Каким образом устраняют дефекты наружной поверхности гильз двигателей?
3. Какие существуют способы ремонта и восстановления внутренней поверхности цилиндров и гильз?
4. Какое оборудование применяют при обработке цилиндров и гильз под ремонтный размер?

5. Как определяют ремонтный размер цилиндра?
6. Изложите общее устройство расточного станка 2Е78П.
7. Опишите методику настройки расточного станка 2Е78П.
8. Каким образом проводят контроль качества растачивания цилиндра (гильзы)?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 6. ОТДЕЛОЧНАЯ (ФИНИШНАЯ) ОБРАБОТКА ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Цель работы: изучить существующие методы отделочной (финишной) обработки гильз и цилиндров; изучить устройство и принцип работы полуавтомата хонинговального вертикального 3К833; получить практические навыки по финишной обработке хонингованием гильз и цилиндров двигателей внутреннего сгорания.

Оснащение рабочего места: гильзы автотракторных двигателей после обработки под ремонтный размер, полуавтомат хонинговальный вертикальный 3К833 с приспособлениями, микрометр, индикаторный нутромер, образцы шероховатости.

Устройство полуавтомата хонинговального вертикального 3К833

Полуавтомат хонинговальный вертикальный 3К833 (рис. 20) предназначен для хонингования отверстий в гильзах, блоках, шатунах двигателей внутреннего сгорания и других деталях.

Таблица 15

Технические характеристики станка 3К833

Диаметр хонингования, мм наибольший наименьший допустимый	 145 30 165
Длина хонингования, мм наименьшая наибольшая	 30 400
Ход шпинделя, мм	500
Частота вращения шпинделя, мин	160, 250, 400
Скорость возвратно-поступательного движения шпинделя, м/мин	3-18
Ход толкателя разжима брусков, мм	40
Наибольший крутящий момент на шпинделе, кг·с · см	1950

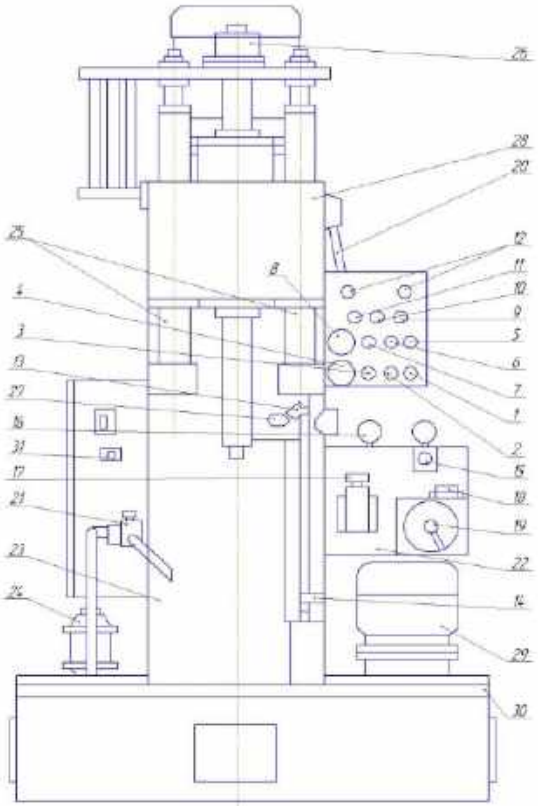


Рис. 20. Устройство и органы управления полуавтомата 3К833:
1 – кнопка (включение гидропривода); 2 – кнопка (ЦИКЛ ПУСК);
3 – кнопка (вывод шпинделя вверх); 4 – кнопка (СТОП): 5 – кнопка (разжим брусков хонголовки); 6 – кнопка (вращения шпинделя); 7 – кнопка (короткие хода шпинделя); 8 – переключатель АВТОМАТ-НАЛАДКА; 9 – сигнальная лампа (разжима брусков хонголовки); 10 – сигнальная лампа (шпиндель вверху);11 – сигнальная лампа (СЕТЬ); 12 – реле времени шикла; 13 – кулачки управления возвратно-поступательным движением; 14 – кулачок (СТОП);
15 – золотник включения манометра; 16 – манометр (контроль давления);
17 – дроссель давления в гидросистеме разжима брусков; 18 – дроссель давления в гидросистеме возвратно-поступательного движения; 19 – регулировка скорости возвратно-поступательного движения; 20 – рукоятка переключения скоростей;
21 – кран подачи СОЖ; 22, 23 – колона; 24 – насос СОЖ; 25 – гидроцилиндры;
26 – насос разжима брусков; 27 – кулачки рабочего хода; 28 – привод вращения;
29 – электродвигатель; 30 – плита фундаментная;
31 – переключатель автоконтроля

Полуавтомат может быть использован для работы в ремонтных мастерских, ремзаводах и других металлообрабатывающих предприятиях.

Изделие состоит из основания, привода вращения, двух гидроцилиндров главного движения, механизма управления, гидроузлов, цилиндра разжима, установки для очистки и подачи СОЖ, электрооборудования.

Основание – состоит из плиты фундаментной *30* и колоны *23*. Плита фундаментная коробчатой формы, внутренняя полость которой является резервуарами для охлаждения жидкости и рабочего масла. На зеркале плиты имеются продольные Т-образные пазы, дающие возможность закреплять приспособления.

Колонна – литая стойка коробчатой формы, на которой монтируются все основные узлы полуавтомата, с правой стороны имеется окно, закрытое крышкой, через которое открывается доступ к трубопроводам и механизму управления.

Привод вращения – корпус привода вращения – литой, коробчатой формы, внутри которой монтируются три шлицевых вала с шестернями, гильза с подвижной пинолью, два гидроцилиндра возвратно-поступательного движения, система смазки. Изменение числа оборотов шпинделя обеспечивается подвижным блоком шестерен *6,7,8* (Z = 38, Z = 43, Z = 24).

Коробка скоростей связана с электродвигателем эластичной муфтой и имеет торможение посредством электромагнитной муфты. Шпиндель спроектирован по принципу «подвижная пиноль». Шпиндель-пиноль получает возвратно поступательное движение от двух гидроцилиндров, расположенных в одной плоскости с осью шпинделя.

Пиноль находится внутри гильзы, которая получает вращательное движение от привода вращения и передаёт на пиноль через бронзовую шпонку. Таким образом, шпиндель-пиноль получает возвратно-поступательное движение и вращательное движение, необходимое для осуществления процесса хонингования.

Гидроцилиндр. Привод возвратно-поступательного движения состоит из двух гидроцилиндров. Штоки гидроцилиндров крепятся к плите, на которой закреплен шпиндель. При подаче рабочей жидкости в верхнюю или нижнюю полости цилиндров осуществляется ход штоков, а, следовательно, и движение шпинделя вверх или вниз.

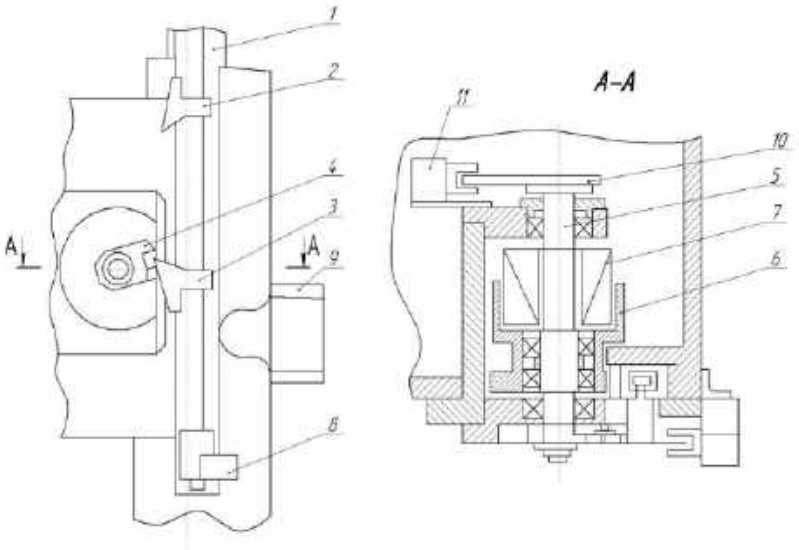


Рис. 21. Механизм управления ходом шпинделя:
1 – зубчатая рейка; 2, 3 – кулачки управления; 4 – рычаг; 5 – вал; 6 – зубчатое колесо; 7 – электромагнитная муфта; 8 – кулачок СТОП; 9 – бесконтактный выключатель; 10 – лепесток; 11 – бесконтактный выключатель включения режима

Механизм управления служит для регулирования хода шпинделя при возвратно-поступательном движении, вывода шпинделя в исходное положение и осуществления хонингования короткими ходами (рис. 21).

Гидроузлы. С задней стороны колонны с применением приточной гидроаппаратуры, на подпанельных плитах установлены гидропанели возвратно-поступательного движения, четыре гидрораспределителя с электроуправлением, редукционный клапан и фильтр тонкой очистки масла. С правой стороны колонны установлена насосная установка, гидропульт с контрольно-регулирующей аппаратурой.

Цилиндр разжима. Механизм разжима служит для создания радиального перемещения брусков хонголовки и давления на них. Механизм имеет рабочий поршень, гидроцилиндр и систему толкателей, которые в свою очередь связаны с системой толкателей хонголовки. Встроенный низковольтный контакт контролирует сжатия брусков хонголовки.

Установка для очистки и подачи СОЖ выполнена отдельной сборочной единицей и состоит из сетчатых фильтров 0,04АС42-52 или гидронасоса Х45-33. В качестве СОЖ рекомендуется применять нетоксичные жидкости с температурой вспышки более 150°С.

Гидросистема полуавтомата осуществляет следующие функции:

- возвратно-поступательное движение шпинделя с бесступенчатым регулированием скорости и осевого усилия;
- разжим и радиальную подачу брусков хонинговальной головки.

В соответствии с этими функциями гидросистема состоит из двух отдельных систем, питаемых отдельными насосами с общим приводом.

Гидросистема возвратно-поступательного движения позволяет осуществлять:

- возвратно-поступательное движение шпинделя с регулируемой скоростью;
- толчковый ввод инструмента в обрабатываемую деталь;
- вывод вверх в любой момент и с любого положения шпинделя;
- осуществление хонингования короткими ходами в любой зоне обрабатываемой детали;
- вывод вверх инструмента.

Гидросистема разжима обеспечивает радиальную подачу брусков и поддерживание определенного давления их прижима, которое регулируется предохранительным клапаном.

Для закрепления обрабатываемых деталей имеется специальная оснастка. Приспособления для установки и крепления блоков двигателей и гильз цилиндров.

Определение параметров режима хонингования гильз и блоков цилиндров ДВС. Величина перебега брусков является важной составляющей определяющей форму отверстия в продольном сечении после хонингования. Перебег брусков на хонинговальных станках должен находиться в пределах 1/3 их длины. Если перебег больше 1/3 «m», то в обрабатываемом отверстии возможно появление «корсетности». При малом значении «К» (К<1/4 m), отверстие будет бочкообразным. В соответствии со схемой (рис. 22) расчётная формула определяющая величину хода хона имеет вид:

$$S = L - m + 2K \qquad (6)$$

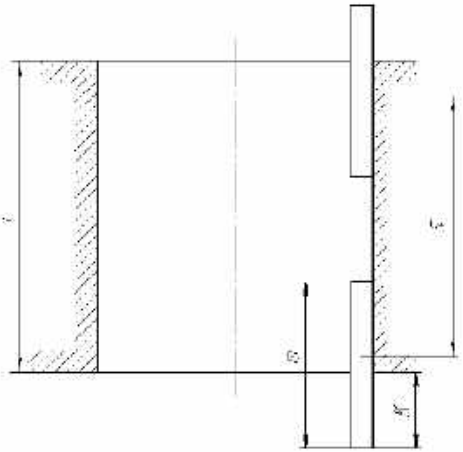


Рис. 22. Схема для расчёта длины хода хона:
S – длина хода хона, мм; K – выход брусков за край цилиндра;
m – длина бруска, мм; L – длина цилиндра, мм

В соответствии с материалом детали, диаметром обрабатываемого отверстия и нужной шероховатости выбирается необходимая окружная скорость хонингования и определяется частота вращения хонинговальной головки.

Частота вращения хонинговальной головки рассчитывается по формуле:

$$n = \frac{1000V}{\pi \cdot Д} \qquad (7)$$

где V – окружная скорость (принимается для чугуна 60-70 м/мин, для стали 45-60 м/мин);

$Д$ – диаметр отверстия, мм.

Ближайшая к расчетной частоте вращения хоны устанавливается с помощью рукоятки *20* (рис. 20) коробки скоростей. Усилия прижатия брусков регулируется изменением давления в гидросистеме с помощью винта *17* (рис. 20) по манометру *16*. Рекомендуемая величина давления 0,1-1,0 кг/см^2.

Скорость возвратно-поступательного движения $V_{вп}$ бесступенчато регулируется в пределах 3…18 м/мин в процессе хонингования с помощью дросселя *19* (рис. 20). Для станка 3К833 $V_{вп}$ =7,5 м/мин. Её также можно рассчитать по формуле:

$$V_{вп} = \frac{2Sn_2}{1000} \qquad (8)$$

где S – длина рабочего хода хонинговальной головки, мм;

n_2 – число двойных ходов хонинговальной головки в одну минуту.

Соотношение между скоростями вращательного и возвратно-поступательного движения хонинговальной головки, выражается формулой

$$П = \frac{V}{V_{ВП}}. \qquad (9)$$

Осевое усилие разжима брусков рассчитывается по формуле:

$$P = P_0 \, m \, Bn \, tg \, (\varphi + \theta), \qquad (10)$$

где P – осевое усилие, Н/см^2;

P_0 – удельное давление брусков, Н/см$_2$ (для чугуна 8-12н/см^2);

m – длина бруска, мм;

B –ширина бруска, мм;

n – число брусков, шт.;

φ – угол конуса разжима, град.; принимают $\varphi = 20^{\circ}$;

θ – угол трения, град; принимают $\theta = 6^{\circ}$.

Машинное время хонингования:

$$T_{мх} = \frac{n_1}{n_2}, \qquad (11)$$

где n_1 – число двойных ходов, необходимое для снятия припуска;

$$n_1 = \frac{Q_x}{b}, \qquad (12)$$

где Q_x – припуск на хонингование, на сторону, мм;

b – слой металла, снимаемый за один двойной ход, мм (для чугуна b = 0,002 мм).

$$n_2 = \frac{1000 \cdot V_{ВП}}{2S}, \qquad (13)$$

где n_2 – число двойных ходов шпиндельной бабки в одну минуту.

Рекомендуемые марки брусков и режимы хонингования приведены в справочной литературе.

Порядок выполнения работы

Перед хонингованием необходимо произвести измерения диаметра гильзы и сравнить полученный размер с ближайшим ремонтным и определить припуск, оставленный для хонингования. Определить овальность и конусность гильзы.

Для измерения используется индикаторный нутромер, который настраивается на ближайший ремонтный размер с помощью приспособления и концевых мер длины. При настройке нутромера допускается использовать соответствующий микрометр, также предварительно настроенный на ноль.

В учебных целях гильза хонингуется без учёта ремонтных размеров и при настройке нутромера используется номинальный диаметр гильзы, определённый в процессе замера.

Установка гильзы (блока). Гильза устанавливается на установочное кольцо, закрепляется посредством прижимного кольца и поворотных прихватов с эксцентриками. Эксцентрики следует зажимать одновременно, чтобы не допустить перекоса гильзы.

Настройка станка. Первоначальный пуск станка и приобретение навыков управления производится без установки хонинговальной головки.

Включателем, расположенным на электрошкафу, подается напряжение на электрические цепи станка, об этом свидетельствует загорание сигнальной лампочки *2* (рис. 20). Для настройки

станка необходимо переключатель режимов *8* – «Автомат-наладка» – установить в положение «Наладка». Нажатием кнопки *1* включить гидропривод станка. Используя кнопки: *2* – «Цикл пуск», *6* – «Вращение», *5* – «Разжим», *7* – «Короткие хода», *3* – «Верх» (вывод шпинделя вверх), *4* – «Стоп», произвести проверку действия механизмов станка. Если при нажатии кнопки *2* шпиндель не опускается, необходимо дросселем *19* увеличить давление. Тем самым увеличивается скорость возвратно-поступательного движения шпинделя.

Процесс хонингования можно осуществлять в автоматическом и полуавтоматическом режиме. В автоматическом режиме станок работает с механизмом автоконтроля, который включается переключателем *31* (рис. 20). В этом случае продолжительность процесса хонингования определяется количеством циклов, установленных по реле времени *12* и по истечении которых процесс автоматически заканчивается. Переключатель *8* устанавливается в положение «Автомат» и, нажав кнопку *2* «Цикл пуск», осуществляют хонингование в автоматическом режиме.

При полуавтоматическом режиме хонингования автоконтроль отключен, и окончание процесса обработки определяется временем нажатия кнопки *3* «Вывод шпинделя вверх».

После выключения станка необходимо установить хон и закрепить его. Убедиться в том, что бруски находятся в сжатом состоянии. В противном случае легкими ударами руки сжать их.

Далее включить гидропривод, (переключатель режима в положение «Наладка»). Кнопкой *2* «Цикл пуск» короткими толчковыми движениями вводим инструмент в деталь. Установить хон в верхнее положение так, чтобы бруски выступали над верхним краем гильзы на 1/3 своей длины – величина перебега. В этом положении устанавливаем кулачок *3* (рис. 21), дающий команду на движение вниз. Кулачок следует подвести до касания к рычагу *4* и закрепить его. Аналогично можно установить и другой кулачок, но установка хона в нижнее положение с перебегом 1/3 длины бруска затруднена. В этом случае для установки кулачка *2* (рис. 21), дающего команду на движение вверх, необходимо рассчитать ход хона.

Зная положение одного кулачка и ход хона, устанавливаем второй кулачок.

Далее выводим кнопкой *3* (рис. 20) инструмент из детали до тех пор, пока не будет достаточно пространства между деталью и инструментом для установки и снятия обрабатываемой детали, в этом положении проверяем установку кулачка *14*, дающего команду «Стоп».

После расчета и установки всех параметров хонингования необходимо проверить еще раз работу отдельных механизмов.

Нажатием кнопки *1* (рис. 20) включить гидропривод станка, а переключатель *8* установить в положение «Наладка». Далее нажатием кнопки *2* «Цикл пуск», медленно опускаем хонинговальную головку в деталь. Продолжая удерживать кнопку *2* дросселем *19* устанавливаем скорость возвратно-поступательного движения. Необходимое давление в гидросистеме разжима брусков устанавливаем дросселем *17*. Рукояткой *20* установить частоту вращения хонинговальной головки по формуле 7. По формуле 11 определить машинное время хонингования.

Выключить гидропривод станка кнопкой *4* «Стоп».

Хонингование изделия и контроль результата. Включить гидропривод станка и нажатием кнопки *5* произвести разжим брусков хонголовки до сопряжения их со стенками цилиндра. После чего переключатель *8* ставим в положение «Автомат» и нажатием кнопки *2* «Цикл пуск», удерживая ее до тех пор, пока станок не включится в автоматический режим. Как только станок начал обеспечивать три движения (вращательное, возвратно-поступательное и радиальное – разжим брусков, необходимо открыть кран подачи СОЖ.

Для устранения конусности и овальности предусмотрено два механизма: нажатием кнопки *5* «Разжим» – отключение возвратно-поступательного движения в необходимом месте и нажатием кнопки *7* «Короткие хода» – механизм короткого хода. По окончании процесса хонингования производится измерение полученного размера и определение овальности и конусности гильзы, а также решается вопрос о продолжении хонингования. Овальность и конусность не должны превышать допустимых значений по ТУ. Шероховатость поверхности определяется в сравнении с эталоном и должна соответствовать 9 классу шероховатости (Ra = 0,32-0,16 мкм).

Полученные результаты занести в журнал (Табл. 16).

Таблица 16

ЖУРНАЛ

Марка двигателя (гильзы) _____

Оборудование _____

Инструмент (приспособления) _____

Показатели	Значения	Примечания (расчет значений)
Состояние гильзы до хонингования, мм: - диаметр - овальность - конусность - припуск на хонингование Выбор режима хонингования: - материал брусков - возвратно-поступательное, м/мин - давление брусков, МПа - окружная скорость, м/мин -частота вращения шпинделя, $мин^{-1}$: - теоретическая - фактическая - технологическое время, мин Состояние гильзы после хонингования, мм: - диаметр - овальность - конусность Шероховатость поверхности (класс)		

Контрольные вопросы

1. Какое применяют оборудование для отделочной обработки шилиндров после расточки?
2. В чем состоит сущность процесса электроалмазного хонингования?
3. Изложите общее устройство станка 3К833. Как осуществляется технологическая операция хонингования?
4. Каким образом проводят контроль качества хонингования шилиндра (гильзы)?
5. Дайте характеристику хонинговальных брусков.
6. Как назначается режим резания при проведении операции хонингование?
7. Как правильно выдержать геометрическую форму гильзы по длине при хонинговании?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 7. БАЛАНСИРОВКА ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ МАШИН

Цель работы: изучить виды неуравновешенности деталей и сборочных единиц и причины её возникновения; изучить способы устранения различных видов неуравновешенности; изучить устройство, принцип работы и порядок настройки балансировочной машины БМ-У4; получить практические навыки динамической балансировки коленчатого вала двигателя.

Оснащение рабочего места: универсальная балансировочная машина БМ-У4, эталонный коленчатый вал, коленчатый вал двигателя ЗМЗ-53-11, комплект разъемных грузов, микрометр, штангенглубиномер.

Устройство и принцип работы машины БМ-У4

Машина предназначена для балансировки в двух плоскостях коррекции коленчатых валов тракторных и автомобильных двигателей, коленчатых валов в сборе с маховиками и муфтами сцепления, молотильных барабанов комбайнов и других изделий.

Таблица 17

Техническая характеристика
универсальной балансировочной машины БМ – У4

Параметры балансируемых изделий: масса, кг длина, мм диаметр, мм, не более	 от 5 до 100 от 300 до 1300 800
Диаметр опорной шейки, мм, не более	110
Точность измерений: остаточная неуравновешенность, $г \cdot см$ угловое положение, град	 10 5
Частота вращения шпинделя, $мин^{-1}$	от 500 до 750
Производительность, шт./ч	от 4 до 6
Электродвигатель: тип частота вращения вала, $мин^{-1}$	 АО 2-32-4 1420
Способ изменения частоты вращения шпинделя	сменными шкивами

Машина БМ – У4 состоит из механической части и измерительного устройства. В нее также входят электропривод и устройство для автоматической смазки вкладышей под шейки балансируемого вала.

Механическую часть машины составляют плита *1* (рис. 23), литые чугунные стойки *2* и *16*, трубчатые направляющие *15*. Плита *7* – основа балансировочной машины. На стойке *2* жестко укреплена шпиндельная бабка *9*. Внутри стойки смонтирован электропривод. Электродвигатель *6* установлен на консольной плите *3* и передает вращение на шпиндель *8* машины через шкивы *4*, *7* и ременную передачу *5*. Для управления электроприводом служит кнопочная станция, расположенная на шпиндельной бабке *9* с правой стороны.

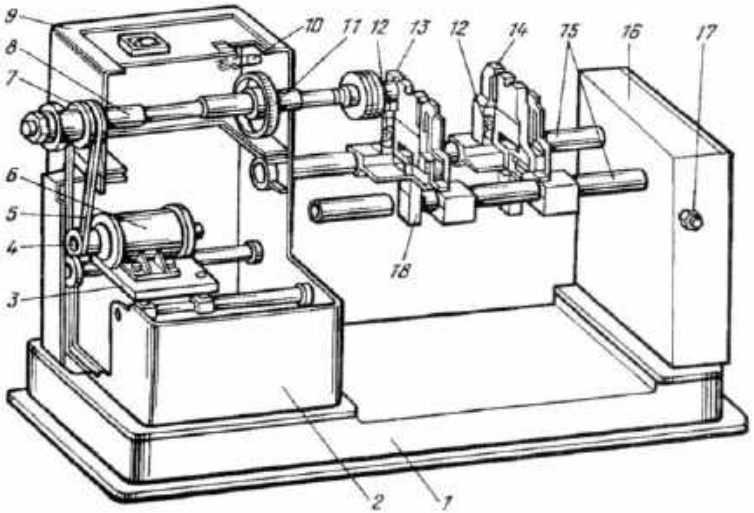


Рис. 23. Машина для динамической балансировки коленчатых валов БМ-У4:
1 – плита; 2 и 16 – стойки; 3 – консольная плита; 4 и 7 – шкивы; 5 – ременная передача; 6 – электродвигатель; 8 – шпиндель; 9 – шпиндельная бабка; 10 – стробоскоп; 11 – лимб; 12 – датчик механических колебаний; 13 и 14 – неподвижные опоры с люльками; 15 – направляющие; 17 – переключатель сети; 18 – электромагниты

В стойку *16* встроен щит с электрооборудованием, включаемый переключателем *17*. На трубчатых направляющих *15* расположены неподвижные опоры *13* и *14* с люльками. Последние стопорятся клиновидными запорами, управляемыми с помощью электромагнитов *18*. Кроме автоматического запирания и отпирания

люлек электромагниты *18* служат для приведения в действие масляных насосов, подающих масло на вкладыши опор.

При включении электродвигателя *6* через заданное время после его разгона автоматически растормаживаются люльки включением электромагнитов. Когда двигатель выключают, электромагниты обесточиваются и срабатывают клиновидные запоры люлек. Машина оборудована электрическим тормозным устройством для быстрой остановки шпинделя. Балансируемый вал располагается крайними коренными шейками на вкладыши качающихся люлек и через пружинную муфту соединяется с приводным валом, который проходит внутри шпинделя *8*. Вкладыши изготовлены из антифрикционного материала и представляют собой сменные подшипники трения.

В корпусах опор *5* (рис. 24) на кронштейнах *1* монтируются электромагниты *2*, масляный насос *3* и фильтры *4*.

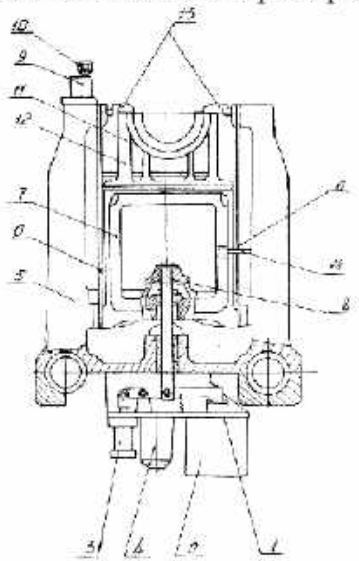


Рис. 24. Устройство опор машины БМ – У4

1 – кронштейн; 2 – электромагниты; 3 – масляный насос; 4 – фильтр; 5 – корпус опоры; 6 – стальные ленты; 7 – люлька; 8 – механизм запирания; 9 – бачок; 10 – игла-регулятор подачи масла; 11 – сменные вкладыши; 12 – полукольца; 13 – пластины; 14 – тяга

На стальных лентах *6* подвешены люльки *7*, смонтированы масляные гасители колебаний люлек, датчики и механизм запирания опор *8*.

Кроме этого к корпусам опор к корпусам опор прикреплены бачки *9* для автоматической смазки вкладышей. Количество подаваемого масла регулируется иглой *10*. Сменные вкладыши *11* под шейки балансируемой детали крепятся на полукольцах *12* пластинами *13*. Пластины демпфером подвешены к люлькам на тягах *14*.

На рисунке 25 представлен общий вид панели управления. Величина дисбаланса измеряется миллиамперметром *1*, шкала которого градуирована в граммосантиметрах. Переключатель *2* устанавливает диапазон измерений 0-300 $г \cdot см$ (положение «точно») или 0-15000 $г \cdot см$ («грубо»).

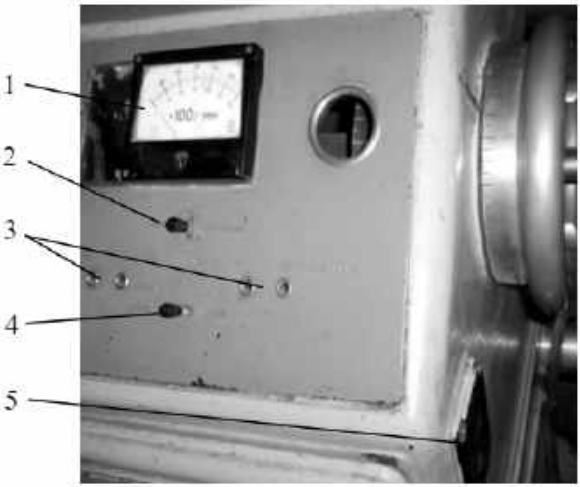


Рис. 25. Общий вид панели управления машины БМ-У4:
1 – миллиамперметр; 2 – переключатель масштаба измерений «грубо»-«точно»; 3 – потенциометры тарирования и компенсации левой и правой плоскостей измерения; 4 – переключатель плоскостей измерения «левая»- «правая»; 5 – кнопочная станция

Потенциометры *3* необходимы для тарирования и компенсирования левой и правой плоскостей измерения при настройке машины. В процессе измерений переход от одной плоскости измерений к другой осуществляется переключателем *4*. Кнопочная

станция *5* служит для включения, выключения и торможения электропривода.

В зависимости от длины проверяемого изделия машины изготавливают трех размеров. Потребителю поставляется машина, настроенная на балансировку определенного изделия. В комплект входят вкладыши, эталонный вал с контрольными грузиками.

Принцип действия балансировочной машины. Привод детали осуществляется от электродвигателя через ременную передачу на шкив шпинделя. Со шпинделя через упругие муфты и приводной вал вращение передается балансируемой детали. Неуравновешенность детали вызывает механические колебания люлек опор. С помощью датчиков эти механические колебания преобразуются в электрические. Напряжение датчиков прямо пропорционально неуравновешенности, усиливается в измерительном устройстве, и величина их прочитывается на приборе.

Переключатель на пульте позволяет измерять неуравновешенность в левой и правой плоскости измерения.

Стробоскопический осветитель управляется напряжением датчика, причем каждый раз, когда направление неуравновешенности оказывается на линии стрелки, лампа вспыхивает. Угловое направление определяется по шкале лимба, укрепленного на шпинделе. При вспышке лампы стробоскопического осветителя цифры на лимбе кажется неподвижными. Цифра, оказавшаяся против неподвижной стрелки, определяет угловое направление неуравновешенности.

Настройка балансировочной машины. В процессе настройки проводят проверку и корректировку показаний стробоскопа и устройства для измерения дисбаланса.

Настройка машины проводится по эталонному валу, имеющему неуравновешенность, не превышающую 2...10 $г \cdot см$, в сочетании с тарировочным грузом, создающим дисбаланс 300 $г \cdot см$.

Порядок выполнения работы

Выполнение динамической балансировки коленчатого вала

1. Проверить комплектность коленчатого вала.

2. Проверить состояние крайних коренных шеек.

3. Аккуратно уложить вал в постели балансировочной машины, соединить его с приводом.

Запрещается ставить на машину валы с забоинами на шейке вала под шестерню!

4. По размерной группе шатунных шеек подобрать противовесы и закрепить их на шейках вала.

5. Запустить машину.

6. Выполнить измерения величины и направления дисбаланса для двух плоскостей.

7. Остановить машину.

8. Устанавливая вал по лимбу шпинделя в соответствии с показаниями стробоскопа отметить мелом места съема (добавления) металла для левой и правой плоскостей коррекции. Выполнить измерения и определить расстояния от оси вращения до места съема (добавления) металла.

9. Рассчитать массу снимаемого (добавляемого) металла.

После съема (добавления) металла определить дисбаланс (выполнить повторную проверку), сравнить с допустимым значением, сделать выводы.

Пример оформления результатов измерений

Вал коленчатый двигателя _____

Комплектность (соответствует, не соответствует)

Диаметр шатунных шеек _____ мм,

Размерная группа противовесов _____

Допустимый дисбаланс _____ г·см

Контрольные вопросы

1. Какие виды неуравновешенности деталей и сборочных единиц существуют?
2. Причины возникновения неуравновешенности деталей и сборочных единиц?
3. Опишите методику устранения статической неуравновешенности?
4. Опишите методику устранения динамической неуравновешенности?
5. Какое оборудование может использоваться для балансировки деталей и сборочных единиц?
6. Устройство и принцип действия балансировочной машины БМ-У4
7. Опишите порядок балансировки коленчатого вала двигателя?
8. По каким показателям контролируется качество проводимых работ?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 8. СБОРКА ДВИГАТЕЛЯ

Цель работы: Ознакомиться с методами контроля технического состояния блока двигателя и освоить технологический процесс укладки коленчатого вала и установки шатунно-поршневой группы.

Оснащение рабочего места: гидравлический стенд для разборки - сборки двигателей, блок цилиндров двигателя Д-240, коленчатый вал, шатунно-поршневая группа, комплект вкладышей, скалка для контроля соосности коренных опор коленчатого вала, комплект щупов, микрометр, индикаторный нутромер.

Устройство стенда для разборки-сборки двигателя

Для механизированной разборки и сборки двигателей применяется стенд с гидравлическим приводом. Основанием стенда (рис. 26) служит рама *1*, имеющая две вертикальные стойки *2*, на верхних концах которых шарнирно крепятся люлька *3* и рычаг *4*. Рычаг соединен с нижней частью люльки посредством гидроцилиндра *5*. Верхняя часть люльки соединена с рамой посредством гидроцилиндра *6*.

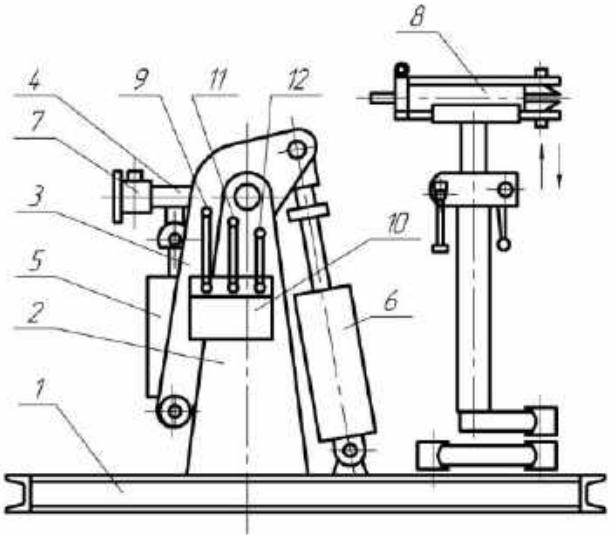


Рис. 26. Гидравлический стенд для разборки двигателя

На консольном конце рычага *4* с помощью клина закреплена фланцевая втулка *7* крепления двигателя. Имеется выносной гидроцилиндр *8* и набор приспособлений для разборки сопряжений с натягом. Питание стенда маслом осуществляется от насосной станции.

Для установки двигателя в горизонтальном положении включают подачу масла в гидроцилиндр *5* рукояткой *9* гидрораспределителя *10*. Для снятия коленчатого вала двигатель переворачивают головкой блока вниз, включив подачу масла в верхнюю полость гидроцилиндра *6* рукояткой *11*. Рукоятка *12* служит для управления выносным гидроцилиндром.

Проверка технического состояния блока двигателя

Вначале проводят предварительный осмотр блока двигателя для выявления трещин, обломов и сколов, состояния резьбовых отверстий.

Износ и коробление базисных деталей определяют специальными приборами и приспособлениями.

Отклонение от соосности отверстий коренных подшипников блоков может проверяться с помощью скалки и щупа (рис. 27). Скалку укладывают в гнёзда вкладышей коренных подшипников. Приподнимая её за один конец, устанавливают на проверяемую опору щуп, толщиной, равной допустимому значению отклонения от соосности, и опускают на него скалку. Если щуп закусывается, то отклонение от соосности гнёзд меньше допустимого, если щуп не закусывается, то отклонение от соосности гнёзд не удовлетворяет техническим условиям. Допустимое значение отклонения от соосности приведено в справочных материалах.

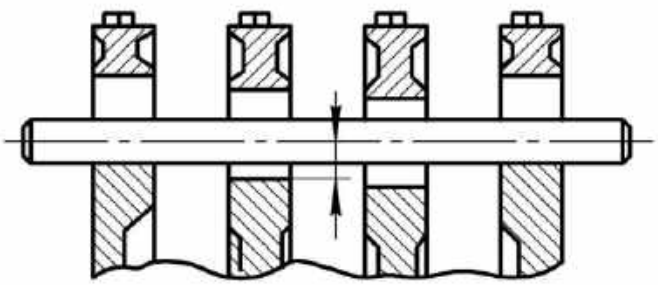


Рис. 27. Проверка отклонения от соосности с помощью щупа и скалки

Кроме этого способа проверки отклонения от соосности существуют и другие: с помощью индикаторной линейки; путём измерения биения средних коренных опор относительно крайних; с помощью автоколлиматора; по деформации коленчатого вала, уложенного в блок; посредством тензодатчиков; с помощью пневматических приспособлений; по моменту прокручивания контрольной скалки.

Отклонение перпендикулярности осей цилиндров двигателя относительно оси коренных подшипников коленчатого вала контролируется несколькими способами. Приспособлением ГОСНИТИ (рис. 28,а). Разжимные опоры *1* контактируют с образующими цилиндра *2*, а на скалку *3* опирается нижний наконечник стержня, заканчивающийся лапкой *4*. Осевое положение измерителя определяется упором *5*, контактирующим с поверхностью блока. При измерении измеритель вводится в цилиндр до упора, при этом лапка опирается на скалку. По шкале индикатора *6* производят отсчёт. Затем лапку поворачивают на 180° и снимают второй отсчёт. По разности показаний определяют величину отклонения от перпендикулярности осей.

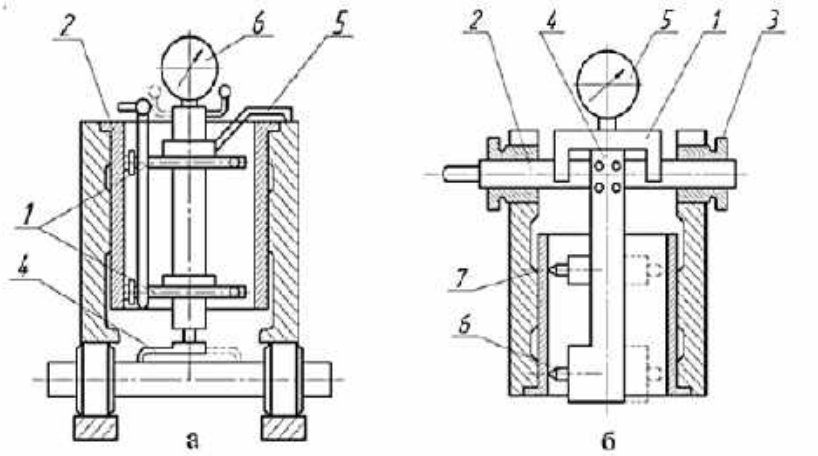


Рис. 28. Проверка отклонения от перпендикулярности осей цилиндров двигателя относительно оси коренных подшипников
а – приспособление ГОСНИТИ;
б – приспособление применяемое в промышленности

На рисунке 28 б представлена схема приспособления, применяемого в промышленности. Приспособление состоит из корпуса *1* с двумя разнесенными призмами, перемещающимися по поверхности скалки *2*, устанавливаемой в отверстия конусных втулок *3*. С корпусом жёстко соединена планка *4*, на которой смонтирован индикатор *5* и передача от измерительного стержня *6*.

При перемещении приспособления по скалке влево вводят в контакт с цилиндром неподвижный стержень *7* и производят отсчет. Затем корпус приспособления поворачивают на 180° и, смещая по скалке вправо до упора, снимают показания индикатора.

По разности полученных показаний определяют отклонение от перпендикулярности оси цилиндра относительно оси коренных подшипников коленчатого вала.

Убедившись в отсутствии отклонений расположения посадочных поверхностей блока, контролируют диаметры гнёзд коренных подшипников с помощью индикаторного нутромера при нормальной затяжке болтов крепления крышек.

Моменты затяжки болтов крепления коренных и шатунных крышек приведены в справочных материалах.

Укладка коленчатого вала

Замерив диаметры коренных и шатунных шеек коленчатого вала, определяют размерную группу и подбирают необходимые вкладыши. Перед укладкой коленчатого вала необходимо проконтролировать зазоры в сопряжениях коренных и шатунных шеек. Они определяются двумя способами: как разность диаметров отверстия и вала и по толщине свинцовой пластины.

Масляный зазор в шатунных подшипниках определяем как разность диаметров вала и отверстия, а зазор в коренных подшипниках – с помощью свинцовой пластины.

Для определения зазора первым способом при поставленных вкладышах затягиваются болты крепления крышек с нормальным усилием. Нутромером замеряется диаметр вкладышей в плоскости, перпендикулярной плоскости разъёма. Замеры проводят в двух сечениях, находящихся на расстоянии 5...10 мм от торцов вкладыша. Диаметр соответствующей шейки вала контролируют микрометром. Разность диаметров будет являться зазором в сопряжении.

Для определения зазора вторым способом в гнёзда коренных подшипников устанавливаются вкладыши, смазываются маслом и укладывается коленчатый вал. Поперёк шейки устанавливается свинцовая пластина и затягиваются болты крепления крышек. Затяжка до нормального усилия производится поэтапно с одновременным поворотом вала для лучшего деформирования пластины. Измерив толщину сдеформированной пластины, определяется масляный зазор.

Перед укладкой коленчатого вала проверяют чистоту масляных каналов и сопрягаемых поверхностей. При укладке шейки вала смазываются дизельным маслом. Затяжка крышек осуществляется с необходимым усилием в следующем порядке 3-1-5-2-4. После укладки коленчатого вала необходимо провести контроль: 1) правильно уложенный вал должен проворачиваться свободно и без заедания; 2) величина осевого перемещения (разбега) коленчатого вала должна находиться в допустимых пределах.

Установка шатунно-поршневой группы

Перед установкой протирают чистой салфеткой шейки вала, поршни, гильзы цилиндров и смазывают их маслом. Расставляют замки рядом стоящих поршневых колец по окружности поршней под углом 90...120°. Замки колец не должны располагаться против отверстий под палец и против выемки в днище поршня. Для установки поршней пользуются приспособлением (кольцом), внутренний диаметр которого равен диаметру гильзы. Выемка на днище поршней должна располагаться со стороны, противоположной распределительному валу. Гайки шатунных болтов затягиваются с необходимым усилием и шплинтуются.

После установки шатунно-поршневой группы необходимо провести контроль: 1) нижние головки шатунов должны свободно перемещаться вдоль шейки коленчатого вала от усилия руки. Величина перемещения должна находиться в допустимых пределах. Контролируется величина выступания днища поршня над плоскостью блока при положении поршня в ВМТ. При этом обратить внимание на правильность установки гильз цилиндров. Определяется и сопоставляется с допустимым момент, необходимый для прокручивания коленчатого вала.

Порядок выполнения работы

- ознакомиться с устройством и работой гидравлического стенда для разборки и сборки двигателей;
- определить техническое состояния блока двигателя;
- произвести укладку коленчатого вала;
- становить шатунно-поршневую группу.

Контрольные вопросы

1. Какие параметры необходимо проверять у блока цилиндров перед сборкой?
2. Опишите методику установки цилиндропоршневой группы.
3. Опишите методику укладки коленчатого вала.
4. По каким показателям можно судить о правильности установки цилиндропоршневой группы?
5. По каким показателям можно судить о правильности укладки коленчатого вала?
6. Какие существуют комплексные способы оценки качества сборки двигателя?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 9. МЕХАНИЗАЦИЯ РАЗБОРКИ ТРУДНОРАЗБИРАЕМЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Цель работы: Ознакомиться с основными требованиями и основами конструирования разборочного оборудования.

Оснащение рабочего места: Гидравлический стенд для разборки ступиц колес автомобилей, колесных тракторов и сельскохозяйственных машин, с имеющимися приспособлениями.

Приспособления: для снятия и установки пружин каретки ходовой гусеничного трактора; для выпрессовки наружных колец подшипников из ступиц направляющего колеса гусеничного трактора; для выпрессовки вал-шестерни из корпуса конечной передачи; для выпрессовки втулок распределительного вала двигателя; для выпрессовки гильзы цилиндров двигателя; комплект быстро-съёмных устройств.

Основные конструктивные элементы разборочных приспособлений

Наиболее полно технологическим требованиям отвечают приспособления, применяющиеся для разборки прессовых соединений на стационарном оборудовании.

Таким оборудованием при ремонте машин являются прессы с механическим или ручным приводом и стационарные стенды прессового типа с механизированным (чаще гидравлическим) приводом.

При работе на прессах или стендах разборочное приспособление служит захватывающим устройством. Захватывающее устройство может иметь простейшую форму надставок и подкладок, но чаще сложность конструкции сопряжений требует и более сложных конструкций захватов. Такие захваты включают отдельные конструктивные элементы. Каждый такой элемент имеет своё назначение и отвечает определенному технологическому требованию.

Основные конструктивные элементы захватов:

1. Установочные – обеспечивают правильную ориентировку сопряжения к направлению усилия съёма. Они же обеспечивают опору снимаемой детали;

2. Запорные – обеспечивают неподвижность установочных элементов относительно снимаемой детали при работе захватывающим устройством;

3. Вспомогательные регулировочные элементы - применяются в универсальных захватах для регулировки установочных элементов на разные размеры детали;

4. Корпусы приспособлений – базисные детали, несущие на себе остальные элементы;

5. Крепежные элементы – служат для соединения отдельных элементов между собой;

6. Элементы соединения – закрепляют захват на силовом штоке или столе прессового устройства;

7. Элементы автоматики – предназначены для автоматической установки установочных элементов захватов в рабочее положение.

Некоторые конструкции установочных элементов приспособлений (захватов) - для механизированной разборки трудноразбираемых соединений представлены на рисунках 28, 29, 30.

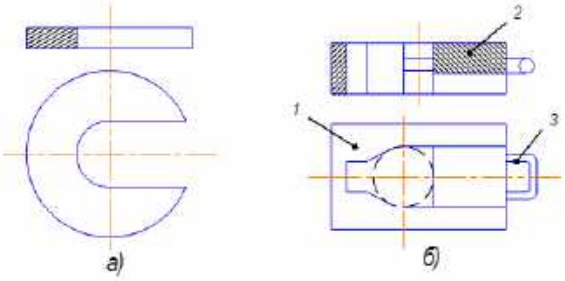


Рис. 28. Конструкции установочных элементов:
1 – корпус с зевом; 2 – задвижка; 3 – ручка задвижки

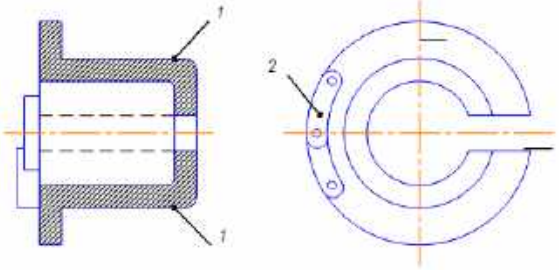


Рис. 29. Разрезная обойма:
1 – полустакан; 2 – шарниры

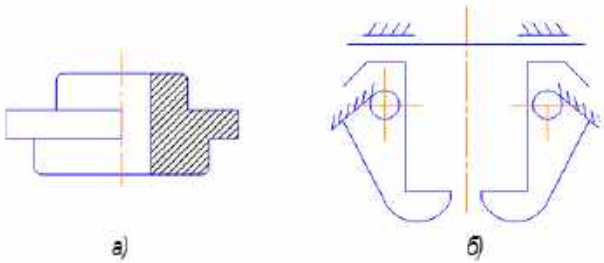


Рис. 30. Конструкции установочных элементов:
а – пята-надставка; б – захватывающие лапы

Запорные элементы захватывающих устройств представляют собой кольца, конуса, резьбовые пары, ступенчатые втулки и другие.

Они применяются как для ручного, так и для автоматического запирания установочных элементов в рабочем положении на снимаемой детали. Некоторые конструкции запорных элементов захватов представлены на рисунке 31.

Вспомогательное регулировочные элементы – имеют форму демонтажных звеньев, ползунов, спиральных дисков, конусов и т.п.

Регулировочные элементы чаще всего не являются самостоятельными механизмами, а представляют собой промежуточное звено или промежуточный многозвенник, соединяющий установочные элементы захватов с корпусами и запорными элементами.

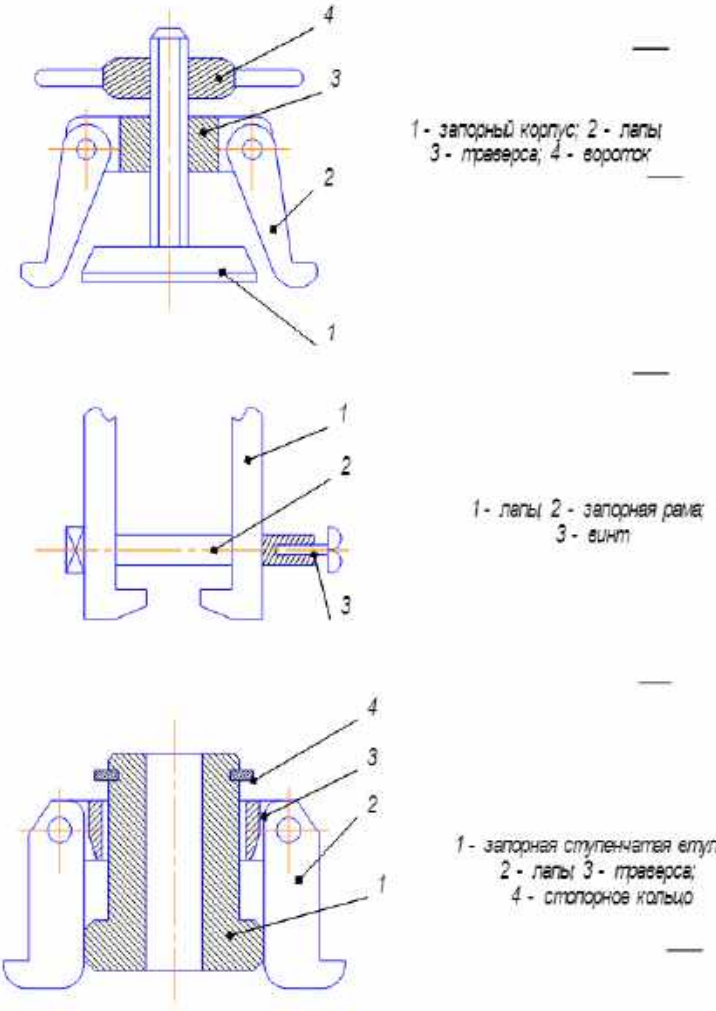


Рис. 31. Конструкции запорных элементов захватов

Некоторые конструкции вспомогательных регулировочных элементов захватов представлены на рисунке 32.

Корпус приспособления – основная часть захвата, на которой монтируются вое остальные рабочие элементы. В захватывающих устройствах не всегда имеется корпусная деталь. В лапчатых эту роль выполняет траверса, в кольцевых – смежная деталь разбираемого узла, в жёстких конструкциях – единая деталь с элементами установки и соединения.

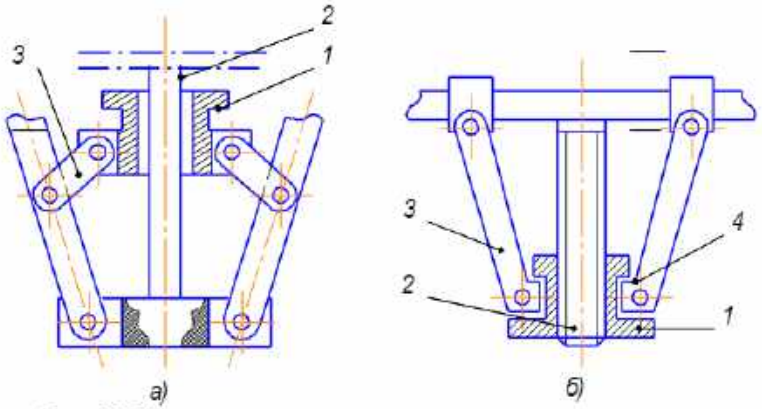


Рис. 32. Конструкции регулировочных элементов захватов:
а – ползушка с шарнирными звеньями: 1 – ползушка; 2 – тяга;
3 – шарнирные звенья; б – резьбовое устройство: 1 – резьбовая втулка;
2 – винт; 3 – звенья; 4 – ползушка

Крепежные элементы – это винты, штифты, пальцы, заклёпки и т.п.

Элементы соединения наиболее рационально выполнять в виде быстросъёмной шайбы, ступенчатой втулки, хвостовик которой с Г-образным пазом, типа быстросъёмное замковое устройство, соединительное устройство с фигурным пазом и др.

Основы конструирования разборочного оборудования

Для разработки конструкции разборочного оборудований необходимо знать комплекс технологических требований к нему и назначение его конструктивных элементов

В качестве разборочного оборудования при ремонте машин используются стенды с механическим, электромеханическим,

пневматическим и гидравлическим приводами. Преимущественно стенды на ремонтных предприятиях используются с гидравлическими приводами.

- Стенд должен обеспечивать надёжное совпадение направлений действующей силы и направления съёма, во избежание повреждения контактирующих поверхностей деталей разбираемых узлов и агрегатов.

- Стенд должен иметь жесткую опору разбираемого узла, строго скоординированную по отношению к направлению перемещения силового штока.емонте машин используются стенды с механическим, электромеханическим, пневматическим и гидравлическим привод

- Стенд должен обеспечивать такое усилие, которое достаточно для разборки, сведя роль рабочего к управлению.

- Силовой орган преимущественно гидравлический, так как при прочих равных условиях он исключает появление вредных сил в системе.

- Управление работой стенда простое и должно находиться в одном поле зрения с разбираемым объектом.

- Конструкция стенда предусматривает применение минимальной номенклатуры оснастки и максимальным охватом разбираемых сопряжений.

- Закрепление сменных приспособлений на силовом штоке – простое и быстрое. Для этой цели используются преимущественно быстросъёмные устройства.

- В стенде максимальная унификация узлов и деталей при разборке разных сопряжений, узлов или агрегатов машин.

- Стенд должен иметь малые габариты, низкую металлоёмкость, безопасность работы и хороший внешний вид.

Основные конструктивные элементы стендов для разборки машин

Стенды для разборки, как и всякая законченная конструкция, должны иметь отдельные конструктивные элементы, выполняющие свои определенные функции. Стенды для разборочных работ трудноразбираемых сопряжений должны включать следующие конструктивные элементы.

1) Установочные элементы обеспечивают установку (ориентировку) разбираемого сопряжения относительно поверхности, служащей ему опорой, при действии на него силового штока (органа). Они могут быть жёсткими (постоянными) и регулируемыми в зависимости от особенности принципиальной схемы стенда.

2) Упорные элементы служат упором или опорой разбираемому узлу или детали сопряжения и выпрессовке детали. Они могут быть цельными, разъёмными или регулируемыми. Более целесообразно использовать жёсткую форму.

3) Силовые элементы обеспечивают необходимое рабочее усилие для разборки трудноразбираемых сопряжений узла. В принципе этим элементом в стендах лучше использовать гидравлический силовой элемент.

4) Соединительные элементы соединяют упорный элемент с силовым, а значит и связывают их в единую замкнутую (жёсткую) систему. Они по конструктивной форме могут быть цельными и составными. Система силового, упорного и соединительного элементов в стенде представляет собой прессовое устройство типа стационарного пресса.

5) Направляющие элементы обеспечивают направление перемещения силового штока относительно установочного элемента, а значит, и разбираемого сопряжения, а значит, обеспечивая точное совпадение направления действующего усилия с направлением выпрессовки и по концентричности, и по параллельности.

6) Крепёжные элементы предназначаются для крепления отдельных элементов стенда в единую конструктивную систему. Они имеют форму пальцев, осей, штифтов, болтов, винтов и т.п.

7) Элементы управления - служат для включения и остановки хода силового штока и фиксирования его в нужном направлении. В гидравлических стендах их роль выполняют краны управления и гидрораспределители.

8) Несущие элементы служат опорой разбираемому узлу при установке его на стенде и опорой стенда, если последний устанавливается на разбираемый узел. Их форма определяется конструкцией разбираемого узла.

9) Фиксирующие элементы предназначаются для закрепления одной детали относительно другой после установки их взаимного

положения. Они имеют форму стопоров, фиксаторов, тормозов, защелок, эксцентриков и т.п. Основные требования к ним: надёжность фиксации и быстрого действия.

10) Ограничительные элементы используются для ограничения перемещения одного подвижного элемента относительно другого. Их форма – упоры, винты, втулки, кольца и т.п.

Кроме перечисленных основных конструктивных элементов стенды могут иметь дополнительные детали и даже узлы.

Силовая часть стендов

С целью исключения вредных сил в прессовом механизме, получения необходимого усилия при разборочных работах, при малых габаритах и компактности исполнения лучше всего использовать в стендах силовой гидравлический элемент. Принципиальная схема такой силовой части представлена на рисунке 33.

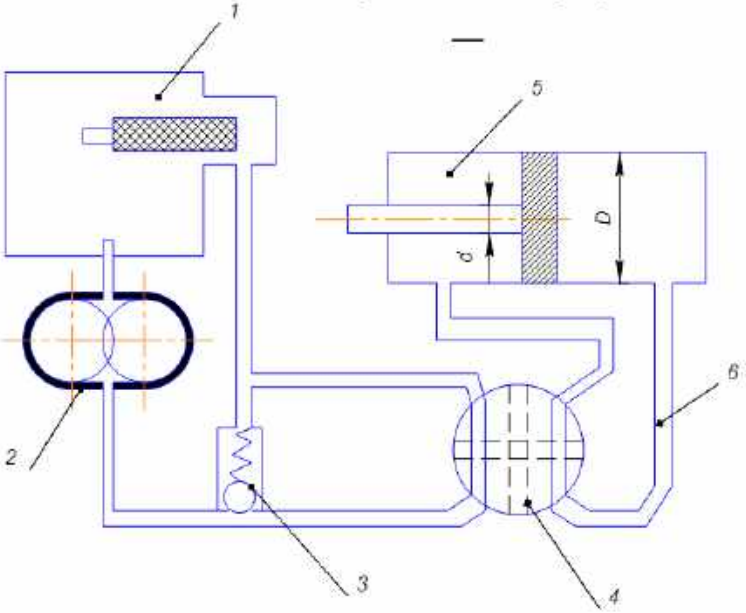


Рис. 33. Принципиальная гидравлическая схема силовой части стендов
1 – масляный бак с фильтрующим элементом; 2 – шестерённчатый насос типа НШ; 3 – редукционный клапан; 4 – кран управления гидроцилиндром; 5 – силовой гидроцилиндр; 6 – маслопроводы высокого давления

Она состоит из масляного бака *1*, шестеренчатого насоса *2*, редукционного клапана *3*, крана управления гидроцилиндром *4*, гидроцилиндра *5* и маслопроводов высокого давления. По такой схеме масло из масляного бака шестеренчатым насосом подаётся через маслопровод высокого давления к крану управления. Избыток масла через редукционный клапан направляется в сливной маслопровод и фильтрующий элемент и стекает затем в бак.

Подача масла в ту или иную полость гидроцилиндров регулируется краном управления.

Определение осевого усилия в гидравлических устройствах. Основным рабочим органом силовой части гидравлических стендов (рис. 33), создающим усилие выпрессовки, является силовой гидроцилиндр *5*. В него под давлением подаётся рабочая жидкость.

Усилие P (Н), развиваемое силовым цилиндром, можно подсчитать по следующим формулам:

а) при подаче рабочей жидкости в подпоршневое (бесштоковое) пространство:

$$P_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p\,, \qquad (14)$$

где p – давление рабочей жидкости, Па (Н/м^2 ; кгс/см^2);

Па – единица, давления (1 кгс/см^2 =10^5 Н/м = 10^{5}Па = 0,1 МПа);

D – диаметр поршня гидроцилиндра

б) при подаче рабочей жидкости в надпоршневое пространство (в полость со стороны штока):

$$P_2 = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot p \qquad (15)$$

где d – диаметр штока гидроцилиндра

В гидравлических стендах давление рабочей жидкости, подаваемой в силовой цилиндр в основном обеспечивается масляными

насосами типа НШ, приводимыми в действие электрическими двигателями.

Выбор электродвигателя для привода насоса. Чтобы выбрать электрический двигатель для привода в действие масляного насоса типа НШ, нужно подсчитать потребную мощность по формуле:

$$N = \frac{Q \cdot P}{612 \cdot \eta}, \qquad (16)$$

где N – мощность, кВт; Q – производительность насоса, л/мин;

P – давление, развиваемое насосом, Па (кгс/см^2); η – КПД насоса (0,75…0,8).

Производительность насоса можно ориентировочно рассчитать по следующей формуле:

$$Q = \frac{q \cdot n \cdot \eta_0}{1000}, \qquad (17)$$

где q – подача рабочей жидкости насосом за один оборот вала, см^3;

n – частота вращения вала насоса, об/мин;

η_0 – объёмный КПД насоса (0,9…0,95).

Известно, что цифры входящие в маркировку насоса, обозначают теоретическую подачу рабочей жидкости в см^3 за один оборот вала, следовательно для насоса НШ-32, подающего рабочую жидкость под давлением 100 кгс/см^2 и частоте вращения вала электродвигателя 1440 об/мин, производительность насоса составит:

$$Q = \frac{32 \cdot 1440 \cdot 0{,}9}{1000} = 41{,}5 \text{ л/мин},$$

тогда

$$N = \frac{41{,}5 \cdot 100}{612 \cdot 0{,}8} = 8{,}5 \text{ кВт}$$

Порядок выполнения работы

- изучить основные требования при конструировании разборочной оснастки и оборудования, рассмотреть примеры исполнения;

- выполнить эскиз (схему) последовательности выполнения операций на гидравлическом стенде при разборке узла (по указанию преподавателя);

- изобразить принципиальную схему силовой части гидравлического стенда.

Контрольные вопросы

1. Какие трудности возникают при разборке-сборке прессовых соединений?
2. Какие конструктивные элементы разборочной оснастки вы знаете?
3. Какие конструктивные элементы стендов для механизации разборки трудноразбираемых соединений вы знаете?
4. Что относится к силовой части стендов?
5. Что относится к электрической части стендов?

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Головин, С.Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования : учебное пособие / С.Ф. Головин. –М. : Альфа М, 2008. – 288 с.

2. Варнаков, В. В. Организация и технология технического сервиса машин : учебник / В. В. Варнаков, В. В. Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М. : КолосС, 2007. – 277 с.

3. Пучин, Е.А. Практикум по ремонту машин / Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский [и др.]; под ред. Е.А. Пучина. – М. : КолосС, 2009. – 327 с.

4. Справочник инженера по техническому сервису машин и оборудования в АПК. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 604 с.

5. Курчаткин, В.В. Надежность и ремонт машин : учебник / В.В. Курчаткин, Н.Ф. Тельнов, К.А. Ачкасов [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

6. Лебедев, А.Т. Ремонт машин. Ч. I : Современные технологии восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц при ремонте машин и оборудования : учебное пособие / А.Т. Лебедев, А.В. Петров, Е.М. Зубрилина [и др.]. – Ставрополь : СтГАУ, 2010. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5748

7. Лебедев, А.Т. Ремонт машин. Ч. II : Современные технологии восстановления работоспособности деталей и сборочных единиц при ремонте машин и оборудования : учебное пособие / А.Т. Лебедев, А.В. Петров, Е.М. Зубрилина [и др.]. – Ставрополь : СтГАУ, 2011. – http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=5753

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Лабораторная работа 1. Комплектование шатунно-поршневой группы двигателей 4

Лабораторная работа 2. Дефектация, способы ремонта и восстановления коленчатых валов автотракторных двигателей ... 7

Лабораторная работа 3. Ремонт деталей клапанной группы механизма газораспределения 10

Лабораторная работа 4. Ремонт и испытания агрегатов гидросистемы сельскохозяйственной техники 16

Лабораторная работа 5. Ремонт гильз и цилиндров двигателей внутреннего сгорания 28

Лабораторная работа 6. Отделочная (финишная) обработка цилиндров двигателей внутреннего сгорания 40

Лабораторная работа 7. Балансировка деталей и сборочных единиц при ремонте машин 51

Лабораторная работа 8. Сборка двигателя 57

Лабораторная работа 9. Механизация разборки трудноразбираемых соединений 62

Рекомендуемая литература 74

Учебное издание

Составители:

Жильцов Сергей Николаевич,
Приказчиков Максим Сергеевич,
Шарымов Олег Валерьевич,
Черкашин Николай Александрович

ТЕХНОЛОГИЯ РЕМОНТА МАШИН

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 28.10.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 4,36; печ. л. 4,69.
Тираж 50. Заказ № 353.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

С. А. Иванайский, С. В. Денисов,
Ю. А. Киров, А. Л. Мишанин

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД

Методические указания для лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

УДК 621.22 (07)
ББК 30.123
И38

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Иванайский, С. А.

И38 Гидравлический и пневматический привод : методические указания / С. А. Иванайский, С. В. Денисов, Ю. А. Киров, А. Л. Мишанин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 56 с.

Методические указания к лабораторным занятиям по дисциплине «Гидравлический и пневматический привод», содержат задания по актуальным проблемам в области промышленности и сельского хозяйства, в которых применяется гидравлический и пневматический привод, а также новые машины с гидравлическим и пневматическим приводом, используемые в сельскохозяйственных предприятиях.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ для студентов, обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия

Учебное издание содержит необходимые пояснения, формы проведения занятий, порядок и технику выполнения заданий, краткую справочную информацию и задания для самостоятельной работы.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Иванайский С. А., Денисов С. В.,
Киров Ю. А., Мишанин А. Л., 2022

ПРЕДИСЛОВИЕ

Издание является методическим обеспечением лабораторных работ, выполняемых обучающимися по направлению 35.03.06 Агроинженерия, при изучении курса «Гидравлический и пневматический привод»

Методические указания разработаны в соответствии с требованиями рабочей программы по изучению дисциплины «Гидравлический и пневматический привод».

Цель издания методических указаний – закрепление теоретических знаний, обучающихся Лабораторные работы разработаны на основе курса лекций по «Гидравлическому и пневматическому приводу» и литературных источников, указанных в рабочей программе по изучаемому курсу.

Помимо основного назначения – подготовки студентов к выполнению лабораторных работ, предлагаемые методические указания могут быть использованы для самостоятельного изучения отдельных вопросов дисциплины. Для этого в начале описания каждой работы дается краткое изложение физической сущности и основ теории изучаемого процесса. Затем излагается содержание лабораторной работы, а также даются методические указания составлению отчета. В конце каждой лабораторной работы помещены контрольные вопросы, которые составлены с таким расчетом, чтобы фиксировать внимание студентов на узловых моментах темы и способствовать лучшему усвоению ими изучаемого материала. Все это облегчит самостоятельную подготовку к лабораторным занятиям и работу студентов на занятии.

Лабораторная работа № 1. Условные обозначения элементов гидропривода в принципиальных гидравлических схемах

Цель работы: изучить и законспектировать обозначения гидроузлов, используемых в принципиальных гидравлических схемах.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по представленным рисункам условные обозначения и вычертить их в рабочей тетради.

На чертежах гидравлических схем нормализованная аппаратура и рабочие органы изображаются условными обозначениями, магистрали – линиями. Специальные аппараты изображаются полуконструктивно.

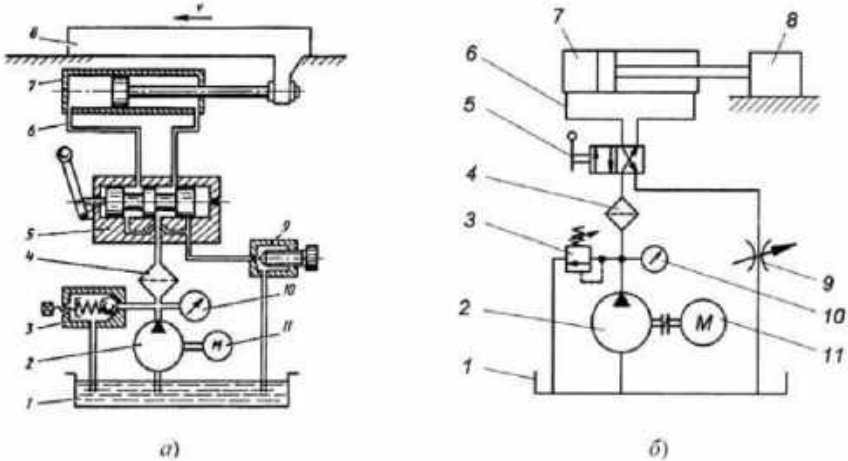


Рис. 1. Полуконструктивное (а) и схематическое (б) изображение гидропривода

В самом общем виде гидропривод состоит из источника гидравлической энергии – насоса, гидродвигателя и соединительной линии (трубопровод).

На гидравлической схеме (рис. 1.) полуконструктивно (а) и схематически (б) показан простейший гидропривод, в котором насос *2*, приводимый электродвигателем *11*, всасывает рабочую жидкость из бака *1* и через фильтр *4* подает ее в гидросистему, причем максимальное давление ограничено регулируемой силой пружины предохранительного клапана *3* (контролируется манометром *10*). Во избежание ускоренного износа или поломки давление настройки предохранительного клапана не должно быть выше номинального давления насоса.

В зависимости от положения рукоятки распределителя *5* рабочая жидкость по трубопроводам (гидролиниям) *6* поступает в одну из камер (поршневую или штоковую) цилиндра *7*, заставляя перемещаться его поршень вместе со штоком и рабочим органом *8* со скоростью v, причем жидкость из противоположной камеры через распределитель *5* и регулируемое сопротивление (дроссель) *9* вытесняется в бак.

При полностью открытом дросселе и незначительной нагрузке на рабочий орган в цилиндр поступает вся рабочая жидкость, подаваемая насосом, скорость движения максимальная, а значение рабочего давления зависит от потерь в фильтре *4*, аппаратах *5* и *9*, цилиндре *7* и гидролиниях *6*. Прикрывая дроссель *9*, можно уменьшать скорость вплоть до полного останова рабочего органа. В этом случае (а также при упоре поршня в крышку цилиндра или чрезмерном увеличении нагрузки на рабочий орган) давление в гидросистеме повышается, шарик предохранительного клапана *3*, сжимая пружину, отходит от седла и подаваемая насосом рабочая жидкость (подача насоса) частично или полностью перепускается через предохранительный клапан в бак под максимальным рабочим давлением.

При длительной работе в режиме перепуска из-за больших потерь мощности быстро разогревается рабочая жидкость в баке.

На гидравлической схеме в виде обозначений представлены:
источник гидравлической энергии – насос *2*;
гидродвигатель – цилиндр *7*;
направляющая гидроаппаратура – распределитель *5*;
регулирующая гидроаппаратура – клапан *3* и дроссель *9*;
контрольные приборы – манометр *10*;
резервуар для рабочей жидкости – бак *1*;
кондиционер рабочей среды – фильтр *4*;
трубопроводы – *6*.

Гидроприводы стационарных машин классифицируют по давлению, способу регулирования, виду циркуляции, методам управления и контроля.

Условные обозначения элементов гидропривода на гидравлических схемах

Условные графические обозначения служат для функционального представления элементов гидропривода и состоят из одного или нескольких основных и функциональных символов. В соответствии со стандартами DIN ISO 1219-91, ГОСТ 2.781-96 «Единая система конструкторской документации.

Обозначения условные графические. Аппараты гидравлические и пневматические, устройства управления и приборы контрольно-измерительные» и 2.782-96 «Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические» применяются следующие основные символы:

непрерывная линия – главная гидролиния (всасывающая, напорная, сливная), электрическая линия;

пунктирная линия – линия управления, дренажная, указание промежуточной позиции;

штрих-пунктирная линия – объединение нескольких компонентов в единый блок;

двойная линия – механическая связь (вал, шток, рычаг, тяга);

окружность – насос или гидромотор, измерительный прибор (манометр и др.), обратный клапан, поворотное соединение, шарнир, ролик (с точкой в центре);

полуокружность – поворотный гидродвигатель;

квадрат (с соединением, перпендикулярным сторонам) – гидроаппарат, приводной узел (кроме электромотора);

квадрат (с соединением по углам) – кондиционер рабочей среды (фильтр, теплообменник, смазочное устройство);

прямоугольник – гидроцилиндр, гидроаппарат, элемент настройки;

открытый сверху прямоугольник – бак;

овал – аккмулятор, газовый баллон, бак с наддувом.

К функциональным символам относятся треугольники (черный – гидравлика, белый – пневматика), различные стрелки, линии, пружины, дуги (для дросселей), буква М для электромоторов.

Условные обозначения гидрораспределителя

В обозначении гидрораспределителей рядом расположены несколько квадратов (в соответствии с числом позиций, т.е. фиксированных положений золотника относительно корпуса), причем к одной из позиций (исходной) подведены гидролинии: *Р* – напорная, Т – сливная, А и В – для подключения гидродвигателя. Количество гидролиний может быть различным: Р, Т, А и В — для четырехлинейных аппаратов; Р, Т и А — для трехлинейных; Р, Т1 (ТА), Т2 (ТВ), А и В — для пятилинейных и т.д.

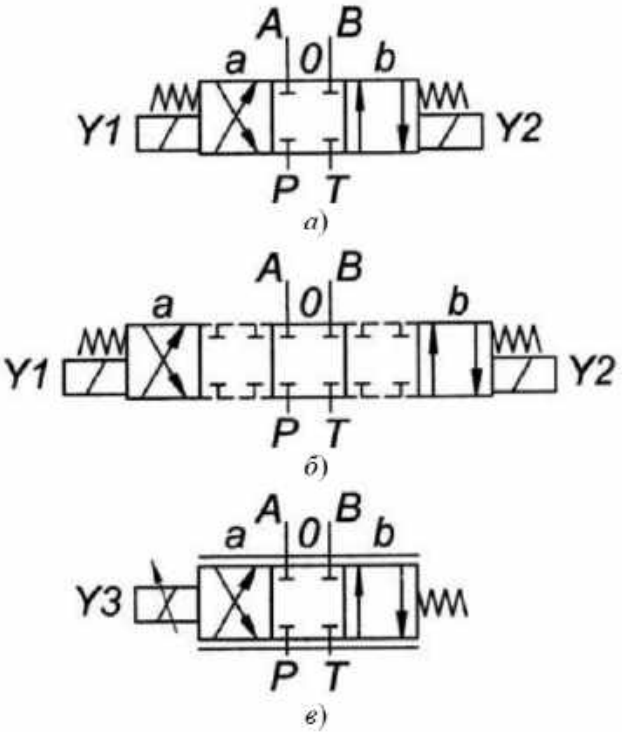
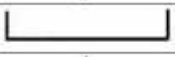


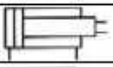
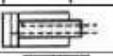
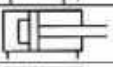
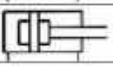
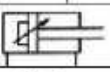
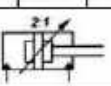
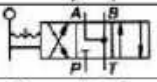
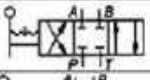
Рис. 2. Примеры условных обозначений гидрораспределителей

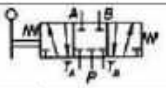
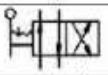
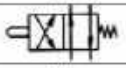
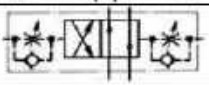
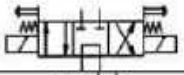
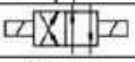
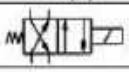
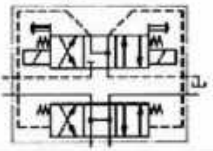
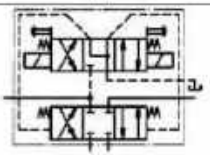
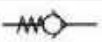
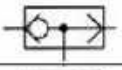
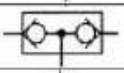
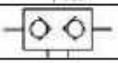
На рисунке 2, а показано условное обозначение четырехлинейного трехпозиционного аппарата (4/3 гидрораспределителя) с электрическим управлением от двух толкающих электромагнитов (Y1 и Y2) и пружинным возвратом в исходную позицию 0, в которой все линии заперты. При включении электромагнита Y1 золотник смещается вправо, и определить вариант соединения линий можно, мысленно передвинув квадрат, соответствующий позиции *а*, на место квадрата позиции 0. Как видим, соединяются линии P-B и A-T. При включении электромагнита Y2 в позиции *b* происходит соединение P-A и B-T. Если необходимо показать соединение линий в промежуточных положениях в момент переключения из одной позиции в другую, между основными позициями добавляют пунктирные квадраты (рис. 2, *б*). В гидрораспределителях с управлением, например, от пропорционального электромагнита Y3 (рис. 2, *в*), возможно множество различных промежуточных положений, и в условном обозначении добавляют две горизонтальных линии. Условные графические обозначения основных элементов гидропривода приведены в таблицу. 1.

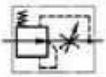
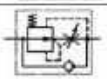
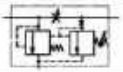
Таблица 1

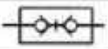
Условные графические обозначения основных элементов гидропривода

Наименование элементов гидропривода		Условное обозначение
1		2
Гидробак		
Насос нерегулируемый (общее обозначение) с потоком	нереверсивным	
	реверсивным	
Насос регулируемый с потоком	нереверсивным	
	реверсивным	
Насос	шестеренчатый	
	пластинчатый	
	радиально-поршневой	
	аксиально-поршневой	
	ручной	
Насос	кривошипный	
	винтовой	
Гидромотор	нерегулируемый с нереверсивным потоком	
	нерегулируемый с реверсивным потоком	
	регулируемый с реверсивным потоком	
Насос-мотор нерегулируемый с направлением потока	одним и тем же	
	реверсивным	
	любым	

Насос-мотор регулируемый	с одним и тем же направлением потока		
	с реверсивным направлением потока		
	с любым направлением потока, ручным управлением, наружным дренажом и двумя направлениями вращения		
Поворотный гидродвигатель			
Гидроцилиндр	поршневой одностороннего действия без указания способа возврата штока		
	то же, с возвратом штока пружиной		
	плунжерный		
Гидроцилиндр	дифференциальный		
	с подводом жидкости через шток	односторонний	
		двусторонний	
	телескопический		
	с торможением в конце хода	со стороны поршня	
		с двух сторон	
	с регулируемым торможением в конце хода	со стороны поршня	
		с двух сторон и соотношением площадей 2:1	
Гидрораспределитель с ручным управлением исполнения по гидросхеме	14-го		
	24-го		
	34-го		
	44-го		
	54-го		

	45-го с пружинным возвратом	
Кран управления		
Гидрораспределитель с управлением от кулачка		
Гидрораспределитель с гидравлическим управлением исполнения по гидросхеме	44-го	
	574-го	
Гидрораспределитель с электроуправлением исполнения по гидросхеме	64-го с кнопками ручного переключения	
	574-го с двумя электромагнитами	
	574-го с одним электромагнитом	
Гидрораспределитель с электрогидравлическим управлением исполнения по гидросхеме	14-го с независимыми линиями управления	
	44-го с наружным сливом	
Обратный клапан		
Обратный клапан с усиленной пружиной, выполняющий функции подпорного клапан		
Гидроклапан с логической функцией	И	
	ИЛИ	
Клапан обратный управляемый (гидрозамок)	односторонний	
	двусторонний	
Клапан напорный (предохранительный или переливной) прямого действия		

Дроссель	нерегулируемый	
	регулируемый	
	то же, с обратным клапаном	
	путевой	
Регулятор расхода	двухлинейный	
	двухлинейный с обратным клапаном	
	трехлинейный с предохранительным клапаном	
Делитель потока		
Сумматор потока		
Аккумулятор	без указания принципа действия	
	грузовой	
	пружинный	
	пневмогидравлический	
Заливная горловина		
Фильтр	без индикатора	
	с индикатором	
Маслоохладитель		
Нагреватель масла		
Элементы управления	кнопка	
	рукоятка	
	педаль	

Рукав высокого давления		
Линия	напорная	
	сливная	
	основная	
	управления, дренажная	
	линия объединения нескольких компонентов в единый узел	
Соединение линий		
Перекрещивание линий (без соединения)		
Место выпуска воздуха		
Вентиль		
Реле давления		
Соединение трубопроводов	фланцевое	
	резьбовое	
Быстроразъемные соединения	без обратного клапана	
	с обратным клапаном	
Гидравлическое сопротивление с расходом	зависящим от вязкости масла	
	не зависящим от вязкости масла	
Прибор	манометр	
	манометр электроконтактный	
	манометр дифференциальный	
	термометр	
	термометр электроконтактный	
	указатель уровня	
	указатель расхода	
	расходомер	
	расходомер интегрирующий	
	тахометр	
	моментомер	

Буквенные позиционные обозначения основных элементов гидравлической схемы:

А – Устройство (общее обозначение)
АК – Гидроаккумулятор (пневмоаккумулятор)
АТ – Аппарат теплообменный
Б – Гидробак
ВД – Влагоотделитель
ВН – Вентиль
ВТ – Гидровытеснитель
Г – Пневмоглушитель
Д – Гидродвигатель (пневмодвигатель) поворотный
ДП – Делитель потока
ДР – Гидродроссель (пневмодроссель)
ЗМ – Гидрозамок (пневмозамок)
К – Гидроклапан (пневмоклапан)
КВ – Гидроклапан (пневмоклапан) выдержки времени
КД – Гидроклапан (пневмоклапан) давления
КО – Гидроклапан (пневмоклапан) обратный
КП – Гидроклапан (пневмоклапан) предохранительный
КР – Гидроклапан (пневмоклапан) редукционный
КМ – Компрессор
М – Гидромотор (пневмомотор)
МН – Манометр
МП – Гидродинамическая передача
МР – Маслораспылитель
МС – Масленка
МФ – Гидродинамическая муфта
Н – Насос
НА – Насос аксиально-поршневой
НМ – Насос-мотор
НП – Насос пластинчатый
НР – Насос радиально-поршневой
ПГ – Пневмогидропреобразователь
ПР – Гидропреобразователь
Р – Гидрораспределитель (пневмораспределитель)
РД – Реле давления
РЗ – Гидроаппарат (пневмоаппарат) золотниковый
РК – Гидроаппарат (пневмоаппарат) клапанный
РП – Регулятор потока
РС – Ресивер
С – Сепаратор

СП – Сумматор потока
Т – Термометр
ТР – Гидродинамический трансформатор
УВ – Устройство воздухоспускное
УС – Гидроусилитель
Ф – Фильтр
Ц – Гидроцилиндр (пневмоцилиндр)

Контрольные вопросы

1. Какие гидроузлы изображаются в принципиальных гидравлических схемах?
2. Как выглядит на принципиальных гидравлических схемах быстроразъемная муфта с обратными клапанами?
3. Как обозначается в принципиальных гидравлических схемах бак с внутренним давлением ниже атмосферного?
4. Как изображен в принципиальных гидравлических схемах насос постоянной подачи с реверсивным направлением потока?
5. Покажите как выглядит на принципиальных гидравлических схемах четырехходовой (четырехлинейный) четырехпозиционный распределитель с управлением от рукоятки с пружинным возвратом.

Лабораторная работа № 2. Гидравлическое оборудование стенда для испытания агрегатов гидропривода с/х техники КИ-4815М

Цель работы. Изучить стенд КИ-4815М, его принципиальную гидравлическую схему и работу гидроузлов.

Порядок выполнения работы

1. Изучить устройство стенда КИ-4815М по приведенному в работе описанию.

1. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему и разобравшись в условных обозначениях уметь ее «читать».

Стенд КИ-4815М используется в качестве ремонтно-технологического оборудования на специализированных предприятиях, проводящих техническое обслуживание и ремонт тракторов, сельскохозяйственных машин и их гидроагрегатов.

Устройство и принцип работы

1. Стенд состоит из следующих составных частей: рамы, облицовки, привода, гидравлической системы, электрооборудования. Для установки испытуемых агрегатов стенд оснащен комплектом инструментов и принадлежностей. Устройство стенда показано на рисунке 3.

Таблица 2

Технические характеристики

1. Тип		стационарный
2. Управление		ручное
3. Рабочее давление, кгс/см^2 (МПа)		140 ± 5 (14±0,5)
4. Максимальное давление, ограничиваемое предохранительным клапаном, кгс/см^2 (МПа)		175 - 5 (17,5 - 0,5)
5. Диапазон расхода рабочей жидкости в пределах, л/мин		7...120
6. Привод		клиноременный, от электродвигателя
7. Электродвигатель	а) тип	4А 180 4УЗ ГОСТ 19523-81
	б) мощность, кВт	22
	в) частота вращения, об/мин	1460
	г) напряжение, В	220/380
8. Частота вращения вала привода насоса.		1200 ± 10 об/мин
9. Охлаждение рабочей жидкости		водяное
10.Номинальная температура рабочей жидкости		50 ± 5 °С
11.Характеристика рабочей жидкости		минеральные масла и их смеси
а) вязкость, сСТ при 50°С		40...60
б) марка		масло моторное М 10 $Г_2$ ГОСТ 17479-72
12. Количество рабочей жидкости, необходимое для работы стенда, л		90

2. Принцип работы стенда.

2.1. Испытание насоса.

Испытуемый насос соединяется с валом привода стенда. Из гидробака *3* по шлангу всасывания рабочая жидкость забирается насосом и по рукаву высокого давления нагнетается в гидросистему стенда (рис. 4), где необходимая нагрузка устанавливается вручную дросселем. Давление нагрузки измеряется манометром высокого давления *9* стенда.

Для определения подачи насоса на один оборот вала одновременно измеряют количество рабочей жидкости счетчиком жидкости *16* или *17* и количество оборотов вала насоса импульсным счетчиком *13*. Результаты получают методом подсчета.

3. Привод стенда состоит из электродвигателя *1* (P = 22 кВт, n = 1460 об/мин), и клиноременной передачи (ремень клиновой ГОСТ 1284-80 тип В, длина 1800 мм, 4 шт.) с передаточным числом i=1,21, сообщающей шкиву с кулачковой муфтой и приводному валу число оборотов n = 1200 об/мин.

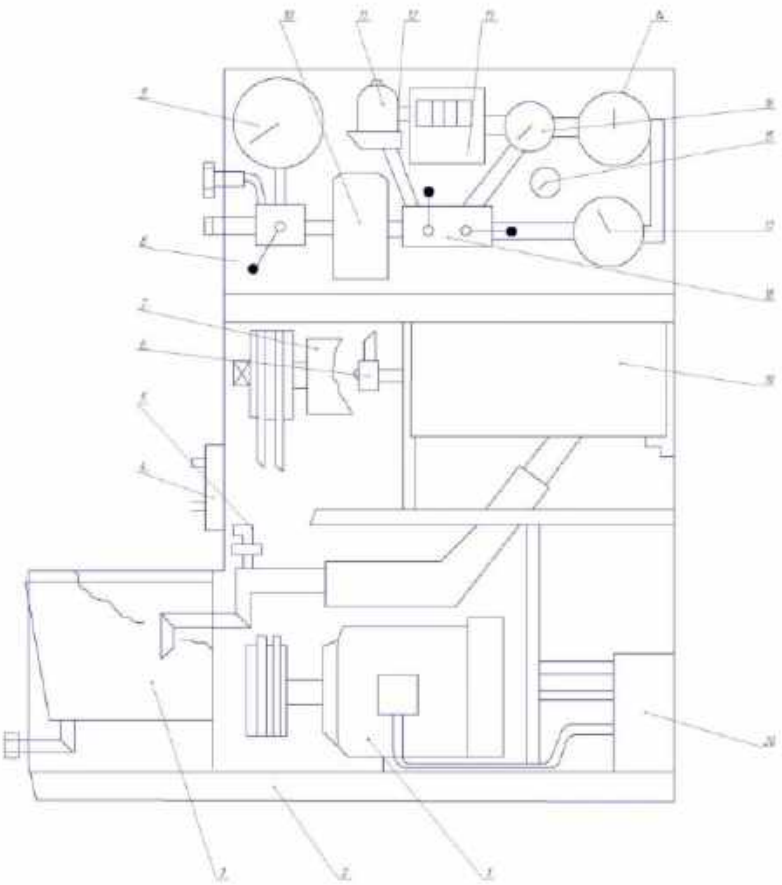


Рис. 3. Устройство стенда:
1 – электродвигатель; 2 – рама; 3 – гидробак; 4 – установочная плита;
5 – датчик терморегулятора; 6 – регулятор температуры РТ-15; 7 – опора шкива привода;
8 – блок гидравлический; 9 – манометр высокого давления МТП-160 кл.1,5; 10 – фильтр масла сетчатый; 11 – фильтр центробежный; 12 – плита фильтра; 13 – счетчик оборотов ЭСО-5; 14 – манометр МОШ-1-100х16; 15 – термометр дистанционный ТПП2-В;
16 – -счетчик жидкости ШЖУ-25М-16; 17 – счетчик жидкости ШЖУ-40С-6; 18 – кран;
19 – охлаждающее устройство; 20 – электроящик

На приводном валу закреплена пластина, которая входит в щель бесконтактного датчика и за оборот вала привода сообщает один импульс, подаваемый на электронный счетчик оборотов *13*.

Электродвигатель *1* установлен на чугунной плите, закрепленной в шарнирах на раме. Натяжение ремней производится при помощи натяжного болта, расположенного с правой стороны стенда. Величина прогиба 9-2 мм

при усилии оттягивания (3,5±0,5) кг. Натяжение ремней выше указанных пределов приводит к выходу из строя подшипников электродвигателя и опоры шкива.

4 Гидравлическая система стенда изображеная на схеме (рисунок 4) работает следующим образом. Установленный на стенде испытуемый насос – Н – забирает рабочую жидкость из гидробака – Б по всасывающему трубопроводу. Нагнетательная полость насоса гибким шлангом высокого давления присоединяется к штуцеру стенда на вход в блок гидравлический – БГ с дросселем ручного управления и предохранительным клапаном, ограничивающим максимальное давление. Манометр МН2 показывает давление, соответствующее степени открытия дросселя.

Рабочая жидкость проходит первичную очистку в фильтре Ф1. Краном Р, имеющим два переключателя, рабочая жидкость может быть направлена; либо на тонкую очистку центробежным фильтром Ф2, либо на замер через один из двух счетчиков жидкости СЧ1, СЧ2.

Редукционный клапан КР обеспечивает режим работы центробежного фильтра, контролируемый по манометру МН1. Рабочая жидкость в охлаждающем устройстве АТ охлаждается до температуры, заданной регулятором температуры РТ. Температура рабочей жидкости измеряется термометром Т.

Конструктивное исполнение гидросистемы стенда и размещения ее узлов изображено на рисунке 3.

4.1. Гидробак *3* служит резервуаром рабочей жидкости. Сверху бак закрыт заглубленным поддоном, имеющим сетчатый фильтр, через который заливается рабочая жидкость. На поддоне имеется указатель уровня рабочей жидкости, горловина для прохода всасывающего трубопровода насоса, штуцер слива в бак для испытуемых гидроагрегатов, сливная труба гидробака закрыта заглушкой.

В патрубке гидробака установлены датчики – терморегулятора *5* и дистанционного термометра *15*.

4.2. Гидравлический блок 8 имеет щелевой дроссель, при помощи которого создается необходимое давление в режиме испытания, и предохранительный клапан, отрегулированный на максимальное давление нагрузки.

4.3. Сетчатый фильтр *10* предназначен для грубой очистки рабочей жидкости и предохраняет центробежный фильтр от засорения грубыми частицами.

4.4. Кран *18* имеет два переключателя шарикового типа. Первый переключатель служит для направления потока рабочей жидкости на тонкую фильтрацию центробежным фильтром или на измерение потока жидкостным счетчиком.

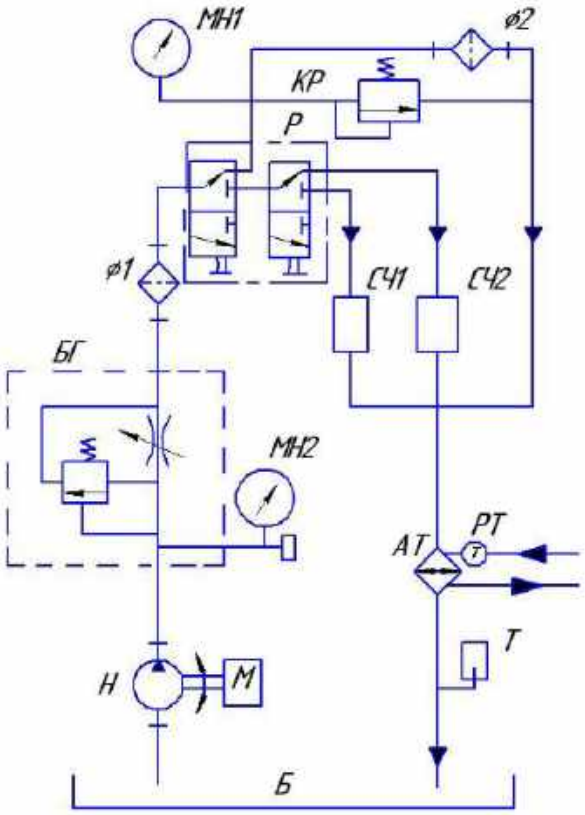


Рис. 4. Схема КП-4815М:
АТ – устройство охлаждающее; Б – бак; БГ – блок гидравлический;
КР – клапан редукционный центробежного фильтра; МН1 – манометр
МОШ-1-100 кл.2,5, 16 кгс/см^2; МН2 – манометр МТП-160 кл.1,5, 250 кгс/см^2;
Р – крановый распределитель; РТ – реулятор температуры РТ-15; СЧ1 – счетчик жидкости
ШЖУ-25М-16; СЧ2 – счетчик жидкости ШЖУ – 40С – 6;
Т – термометр ТПП-2-В; Ф1 – фильтр грубой очистки; Ф2 – фильтр центробежный

Второй переключатель служит для направления потока на один из двух счетчиков жидкости.

4.5. Счетчики жидкости служат для измерения количества жидкости при определении объемной подачи насоса. Счетчик жидкости *17* ШЖУ-40С-6 включают для измерения подач насосов в пределах (40...120) л/мин.

Счетчик жидкости 16 ШЖУ-25М-16 включают для измерения подач насосов в пределах (7...40) л/мин.

Для защиты счетчиков от загрязнения рабочей жидкостью их включение разрешено после предварительной работы испытуемого насоса, через центробежный фильтр.

4.6. Центробежный фильтр *11* предназначен для тонкой очистки рабочей жидкости.

Фильтр крепится к плите *12*, в которой встроен редукционный клапан, обеспечивающий давление перед центробежным фильтром (6...6,5) кгс/см^2 для нормального режима очистки. Частота вращения ротора составляет (5000...6000) об/мин.

4.7. Охлаждающее устройство *19* предназначено для охлаждения рабочей жидкости. Оно состоит из подводящего водопровода, бака охлаждения с распределительной трубкой и установленной в баке сердцевины радиатора (трактора МТЗ-50).

Присоединительные штуцеры подключения стенда к водопроводу обозначены табличками «Подвод», слив нагретой воды из охлаждающего устройства «Отвод». Для слива воды из радиатора устройства установлен сливной кран и обозначен табличкой «Слив».

4.8. Терморегулирующая система служит для поддержания заданной температуры рабочей жидкости и состоит из регулятора температуры *6* РТ-15, подающего необходимое количество воды на охлаждающее устройство *19*. В сливном патрубке гидробака установлен датчик *5* регулятора температуры. Датчик омывается охлажденной жидкостью, поступающей из охлаждающего устройства. В сливном патрубке установлен датчик дистанционного термометра *15*.

4.9. Узлы гидросистемы соединены между собой металлическими трубопроводами и резиновыми рукавами 25 и 65 мм марок 25×35-16 ГОСТ 10362 «Рукава резиновые напорные с нитяным усилением» и Б (1)-6,3-65-79 У ГОСТ 18698-79 «Рукава резиновые напорные с текстильным каркасом» стойкими к среде минеральных масел.

4.10. Электрооборудование стенда состоит из электродвигателя 4АI80 4У3 ГОСТ 19523-81«Машины электрические вращающиеся от 50 до 355 габарита. Двигатели асинхронные серии 4А трехфазные с короткозамкнутым ротором», пусковой аппаратуры двигателя, размещенной в электроящике *20*, кнопочной станции ПКЕ-222-3, электронного счетчика оборотов ЭСО-5.

Порядок работы

При испытании насоса предусматривается проведение следующих операций:

Работа насоса без нагрузки – при полностью открытом дросселе, работа при постепенно увеличиваемой нагрузке до номинального давления насоса, проверка плотности и уплотнений насоса при кратковременном нагружении

(5-6 раз в течение 0,5 мин), давлением равным 1,25 $P_{ном}$ и определение объемной подачи насоса на 1 оборот вала при номинальном давлении.

Примечание: для насоса НШ 100-2 объемная подача определяется при давлении 100 кгс/см.

Проверьте положение рукояток управления перед включением стенда. Рукоятка управления дросселя должна находиться в положении «Открыто», рукоятка крана *18* в положении счетчик «Выключен». При таком положении рукояток вся рабочая жидкость проходит через центробежный фильтр.

При этом манометр *9* должен показывать давление не более 6,5...7 кгс/см.

ВНИМАНИЕ Во избежание выхода из строя счетчиков жидкости их включение допустимо после предварительной работы испытуемого насоса через центробежный фильтр.

Нажмите (соответственно направлению вращения испытуемого насоса) кнопку пуска стенда – «Левое вращение» или «правое вращение».

При помощи рукоятки дросселя произведите нагружение насоса.

Определение объемной подачи.

Поверните рукоятку крана *18* в положение «Счетчик включен». При этом весь поток рабочей жидкости пойдет через соответствующий, включенный счетчик жидкости.

Включите тумблером питание электронного счетчика оборотов *13*. Нажатием кнопки сбросьте его показания, для установки нулей.

Выберите на шкале счетчика жидкости два деления, соответствующие началу, и окончанию отсчета.

Промежуток между делениями должен соответствовать объему жидкости соответствующему марки насоса. При проходе стрелки счетчика через деление, принятое за начало отсчета, включите тумблером импульсный счетчик и выключите его при проходе стрелки через деление, соответствующее окончанию отсчета. По полученному числу оборотов на табло счетчика, определите объемную подачу на один оборот вала насоса по формуле:

$$q_a = \frac{Q_g}{\sum n},$$

где q_a – объемная подача на один оборот вала насоса, $см^3$/об;

Q_g – объем рабочей жидкости, л;

n – количество оборотов.

Контрольные вопросы

1. Пояснить устройство стенда КИ-4815М.
2. Изобразите упрощенную схему стенда КИ-4815М.
3. Покажите на принципиальной гидравлической схеме «Блок гидравлический».
4. Назначение стенда КИ-4815М.
5. Как изображен в принципиальной гидравлической схеме стенда КИ-4815М «Распределительный блок»?

Лабораторная работа № 3. Гидрооборудование ботвоуборочной машины «БМ-6Б»

Цель работы. Изучить устройство, схему соединения и взаимодействие агрегатов гидрооборудования ботвоуборочной машины БМ-6Б.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с приведенной в издании информацией по гидрооборудованию машины.

2. Непосредственно на машине рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.

3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему, описать работу АСУПР и ручной корректировки.

Описание ботвоуборочной машины БМ-6Б

Гидросистема ботвоуборочной машины БМ-6Б состоит из автоматической системы управления по рядкам – АСУПР, системы ручной корректировки и системы управления положением рабочих органов.

Управление рабочими органами осуществляется из кабины трактора, путем перемещения рукояток золотников гидрораспределителя. Автоматическая система управления по рядкам имеет собственный золотниковый гидрораспределитель двухстороннего действия с автоматическим управлением. Рабочее давление – 3,5-4 МПа (35-40 кгс/см^2).

Гидросистема машины подсоединяется к гидросистеме трактора маслопроводами через разрывные муфты и состоит из гидрораспределителя, связанного гидропроводами с гидроцилиндрами управления положением рабочих органов. Ручная корректировка и АСУПР объединены путем включения в схему обратных клапанов и гидрозамка.

Гидросистема управления положением рабочих органов включает шесть гидроцилиндров шарнирно связанных с рамой машины и рамами ботворезов, погрузочным транспортером и доочистителем головок свеклы.

Гидросистемы ручной корректировки и управления положением рабочих органов объединены при помощи клапана "ИЛИ", входы которого соединены с маслопроводами ручной корректировки, а выход соединен через маслопровод с гидропроводом подъёма рабочих органов. Гидроцилиндры в свою очередь имеют соединение со сливной магистралью, которая имеет обратный клапан.

В маслопровод слива гидрораспределителя встроено гидроустройство с регулируемым проходным сечением, соединенное с обратным клапаном.

Гидроцилиндр очистителя, подсоединен к магистрали через замедлительный клапан.

Рычаг средней секции гидрораспределителя трактора должен находиться в положении «НЕЙТРАЛЬ» при всех режимах работы.

Положение рычагов гидрораспределителя трактора при различных режимах работы гидросистемы машины приведено в таблице 3.

Таблица 3

Режим работы	Положение рычагов							
	Левая секция «А»				Правая секция «В»			
	П	0	Н	ПЛ	П	0	Н	ПЛ
Автоматическая корректировка	+							+
Подъём рабочих органов		+					+	
Опускание рабочих органов				+			+	
Ручная корректировка			+		+	+		

Гидроуправление машиной по рядкам.

При нейтральном положении копир-водителей (симметрично оси машины), масло от насоса раздельно-агрегатной гидравлической системы трактора (РАГС) через секцию «А» по маслопроводу поступает в распределитель машины (золотник которого также находится в нейтральном положении) и сливается через клапаны по маслопроводам в масляный бак трактора.

При поперечном смещении копир-водителей перемещение передается через коромысло на золотник распределителя, который направляет масло в одну из полостей цилиндра управляющего положением рабочих органов. Опираясь на прицеп, цилиндр смещает основную раму машины в поперечном направлении, осуществляя автоматическое вождение машины по рядкам. При этом гидрозамок, запирает каналы, соединенные с секцией «В». Из цилиндра масло поступает в сливную полость распределителя, а затем через регулируемый дроссель и обратные клапаны по трем сливным маслопроводам через секции «А» и «Б» распределителя трактора в маслобак. Давление в системе ограничивается предохранительным клапаном отрегулированным на давление 3,5±0,5 МПа (35 ± 5 кгс/см^2).

Примечание: при работе объединенной гидросистемы в режиме автоматического управления в распределителе трактора рычаг секции «А» находится в положении «ПОДЪЕМ», рычаг секции «Б» в положении «ПЛАВАЮЩЕЕ».

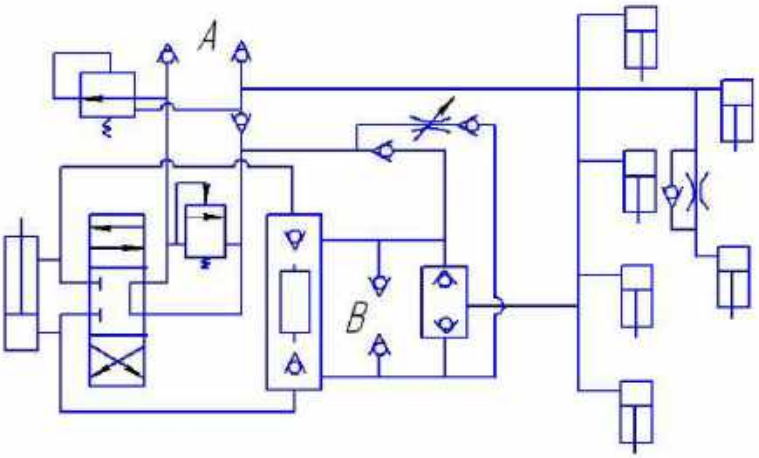


Рис. 5. Схема гидроуправления машиной по рядкам:
1 – Подъем рабочих органов: А – опускание, Б – нейтраль;
2 – Опускание рабочих органов: А – плавающее, Б – нейтраль;
3 – Автоматическое управление: А – подъем, Б – плавающее;
4 – Ручное корректирование: А – нейтраль, Б – подъем или опускание

Ручная корректировка.

Предназначена, для первоначальной установки машины над рядками вручную при заездах и в случае выхода копир-водителей из рядков во время движения. Ручная корректировка осуществляется следующим образом: рычаг секции «А» распределителя трактора устанавливается в положение «НЕЙТРАЛЬ». При установке рычага «Б» в положение «ПОДЪЕМ» или «ОПУСКАНИЕ», масло из распределителя трактора по маслопроводам через гидрозамок подается в одну из полостей гидроцилиндра сдвигающего раму машины. Обратные клапаны при этом закрываются. Это обеспечивает корректировку положения машины над рядками. После корректировки рычаг секции «Б» нужно установить в положение «ПЛАВАЮЩЕЕ», а рычаг секции «А» в положение «ПОДЪЕМ». Работа АСУПР при этом возобновляется.

ВНИМАНИЕ! Так как гидросистемы ручной корректировки и подъёма рабочих органов объединены клапаном «ИЛИ», то перед поперечном смещении рамы машины осуществляется подъём рабочих органов и копирводителей в транспортное положение, что исключает их поломку при корректировке.

Управление положением рабочих органов.

Для подъёма ботворезов, погрузочного транспортера ботвы и доочистителя в транспортное положение рычаг секции «А» устанавливается в положение «ОПУСКАНИЕ», а рычаг секции «Б» в положение «НЕЙТРАЛЬ».

Масло подается по маслопроводам к цилиндрам подъема рабочих органов. При этом обратные клапаны закрываются.

Опускание рамок ботворезов, погрузочного транспортера и доочистителя происходит при установке рычага секции «А» распределителя трактора в положение «ПЛАВАЮЩЕЕ».

Масло из гидроцилиндров сливается в маслянный бак по тем же маслопроводам.

Опускание происходит под собственной массой рамок ботворезов и доочистителя. Погрузочный транспортер из вертикального положения выводится под действием пружин, а его дальнейшее опускание происходит под собственной массой.

Регулировки АСУПР.

Регулировку следует производить на ровной площадке в следующем порядке:

1 – установить копир-водители так, чтобы расстояние от оси машины до оси копир-водителей было равно 450 мм;

2 – установить золотник распределителя машины в нейтральное положение;

3 – зафиксировать коромысло гайками поперечной тяги копир-водителей;

4 – при работающем двигателе трактора и включенном гидроуправлении машины, перемещая копир-водитель в горизонтальной плоскости за перо, проследить за перемещением машины. Если в системе все нормально, то при плавном перемещении копир-водителей вправо машина также плавно должна сместиться вправо и наоборот. Если наблюдается обратная зависимость – гидроцилиндр подключен к распределителю машины неправильно. Необходимо поменять местами гидрошланги на цилиндре.

Правила эксплуатации.

Так как цилиндр подъёма погрузочного транспортера находится в одной магистрали с цилиндрами рамок ботворезов и очистителя, необходимость подъёма которых возникает чаще, чем погрузочного транспортера, рекомендуется перед работой (после того как транспортер опущен в рабочее положение), разъединить запорную муфту и соединить её при необходимости подъёма транспортера. Тоже следует делать при транспортных переездах.

При остановках и прекращении работы, для избежания перегрева рабочей жидкости, все рычаги распределителя трактора необходимо установить в положение «НЕЙТРАЛЬ».

При высокой влажности специальным винтом, ввернутым в корпус дросселя нужно уменьшить сечение маслопровода. В результате основной поток масла будет поступать в сливные маслопроводы секций «А» и «В», что приведет к увеличению в них противодавления и соединенных с ними

цилиндрах подъема рамок с рабочими органами. В них увеличивается усилие, направленное на подъём подвижных рамок ботворезов, которое способствует уменьшению нагрузки на копирующие колеса ботворезов и увеличению сцепного веса трактора, за счет перераспределения нагрузки на ходовую часть трактора. Давление в вышеозначенных маслопроводах следует регулировать на величину, обеспечивающую стабильное копирование рельефа почвы копирующими колесами на полях с повышенной влажностью.

Контрольные вопросы

1. Поясните порядок работы «АСУПР»
2. Какое положение должны занимать золотники гидрораспределителей при выполнении «Ручной корректировки»?
3. Из каких гидроузлов состоит гидросистема ботвоуборочной машины БМ-6Б?
4. Каким образом объединены между собой «Ручная корректировка» и «АСУПР»?
5. Какое количество гидроцилиндров включает в себя гидросистема управления положением рабочих органов?
6. С какой целью в гидросистеме «БМ-6Б» установлен замедлительный клапан?

Лабораторная работа № 4. Гидрооборудование картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ»

Цель работы. Изучить устройство, гидравлическую схему и взаимодействие агрегатов гидрооборудования картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ».

Порядок выполнения работы

1. Изучить информацию по гидрооборудованию машины.
2. Непосредственно на комбайне рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.
3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему (рис. 6) и разобравшись в условных обозначениях дополнить подрисуночную надпись.

Назначение гидропривода машины

Гидрооборудование машины обеспечивает:

1) опускание и подъём подкапывающей секции;
2) откидной части бункера-накопителя;
3) лотка откидной части бункера-накопителя;
4) наклон (положение) загрузочного транспортера;
5) привод подвижного дна (транспортера) бункера.

Источником гидроэнергии для гидросистемы комбайна служит насос гидросистемы трактора.

Гидрооборудование комбайна включает в себя: пятисекционный распределитель, предохранительный клапан, обратный клапан, гидроцилиндры, гидромотор и соединительная арматура.

Обратный клапан установлен для предохранения сливной магистрали распределителя при случайной подаче в неё рабочего давления.

Для плавного опускания установлены замедлительные клапаны (штуцеры с калиброванными отверстиями: для подкапывающей секции 3 мм, остальные – 4 мм).

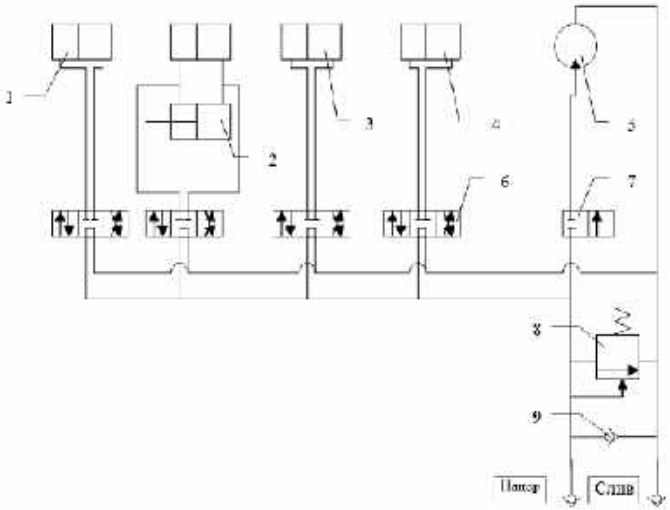


Рис. 6. Принципиальная гидравлическая схема картофелеуборочного комбайна КПК-3 «Рязанец»

Гидрораспределитель унифицированный с зерноуборочными комбайнами «Нива» и «Колос». Предохранительный Клапан отрегулирован на давление 8,82 – 9,19 МПа (90 кгс/см^2).

Гидромотор МГП-125 планетарного типа осуществляет привод подвижного дна бункера с помощью двух цепных передач.

Гидрораспределитель машины

На рисунке 7 показан гидравлический распределитель типа Р75-2/5-44. В корпусе *3* размещены пять золотников *1*, предохранительный *22* и перепускной 6 клапаны. Сверху и снизу корпус закрыт крышками *2* и *9*. Управление золотниками осуществляется рычагами *21*. Для подвода рабочей жидкости в корпусе золотника имеются полость Н, каналы управления *20* и слива *19*.

При нейтральном или «плавающем» положении золотника рабочая жидкость заполняет полость Н, управляющий и сливной каналы. Перепускной клапан *6* вследствие разности площадей и перепада давления в дроссельном отверстии *5*, преодолевая силу пружины *4*, открывается и рабочая жидкость делится на два потока: часть по каналам *20* и *19* поступает в сливную полость, а другая непосредственно через рабочее окно *7* в сливное окно *8*.

В рабочих положениях золотник *1* перекрывает кромкой канал управления *20*, давление жидкости по обе стороны дроссельного отверстия *5* выравнивается и перепускной клапан *6* закрывается. Жидкость поступает в полость высокого давления и в зависимости от положения рычага управления проходит в одну из полостей А (Б) и к гидродвигателю, а затем со сливной магистрали через полость Б (А) и рабочие окна распределителя она поступает на слив.

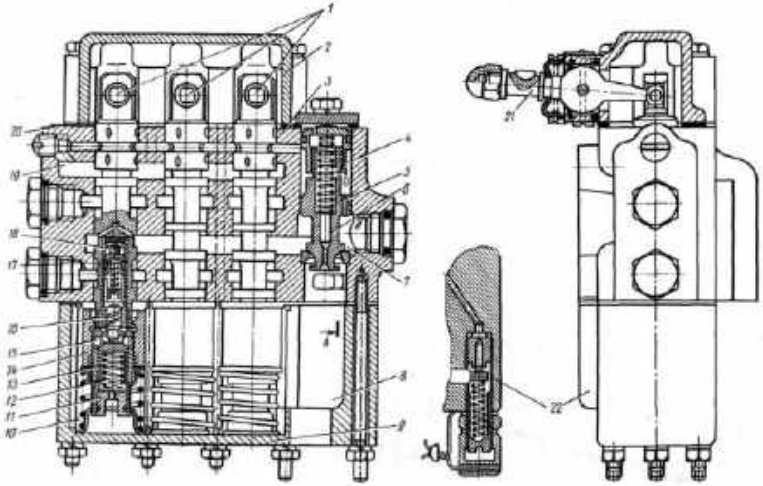


Рис. 7. Распределитель:
1 – золотник; 2, 9 – крышки; 3 – корпус; 4, 10, 12 – пружины; 5 – дроссельное отверстие; – перепускной клапан; 7 – рабочее окно; 8 – сливное окно; 11 – толкатель; 13 – втулка; 14 –обойма; 15 – фиксатор; 16 – направляющая; 17 – гильза; 18 – клапан; 19, 20 – каналы слива и управления; 21 – рычаг; 22 – предохранительный клапан

Таблица 4

Технические характеристики гидравлического распределителя Р75-2/5-44

Показатель	Значение
Максимальная пропускная способность, л/мин	75
Число золотников	5
Рабочее давление, Мпа	14
Давление срабатывания автоматического устройства возврата золотников в нейтральное положение, Мпа	12
Масса, кг	15,1

При плавающем положении золотника обе магистрали, идущие к исполнительному гидродвигателю, сообщаются со сливной полостью распределителя, а насос разгружается и через перепускной клапан перекачивает жидкость в резервуар. Золотник фиксируется в определенных положениях при помощи шариковых фиксаторов *15*, которые удерживаются в гнездах втулкой *13* и пружиной *12*. Автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение находится в нижней части самого золотника. Оно состоит из гильзы *17* с клапаном *18*, который прижат к гнезду пружиной и направляющей *16*.

Регулировку клапана на давление осуществляют винтом пружины клапана. В нижней части гильзы расположен толкатель *11*. На наружную цилиндрическую поверхность золотника надета обойма 14 с тремя внутренними расточками, куда входят шариковые фиксаторы *15*. Когда золотник находится в «плавающем» положении, фиксаторы располагаются в верхней расточке, при положении «опускание» — в средней и при положении «подъем» — в нижней. На золотник через обойму *14* действует пружина *10*, помещенная между нижним и верхним стаканами. При верхнем положении обоймы, когда она касается выступа корпуса распределителя, пружина через стакан, который резьбой соединен с золотником, отжимает последний вниз. При нижнем положении, когда стакан касается нижней крышки, пружина через стакан отжимает золотник вверх.

Работа автомата возврата золотника в нейтральном положении протекает так. При повышении давления в одной из магистралей до допустимого максимального значения открывается шариковый клапан *18* и жидкость по осевому каналу поступает внутрь золотника, действует на толкатель, который, в свою очередь, сдвигает вниз втулку *13* фиксаторов. При этом фиксаторы выходят из расточки обоймы, и пружина *10* возвращает золотник в нейтральное положение. При понижении в системе давления шариковый клапан под воздействием пружины закрывает осевой канал, и пружина *12* возвращает толкатель в исходное положение.

Гидромотор машины

Конструкция гидромотора с планетарным поступательным движением кольцевой шестерни и простым вращательным движением ротора, установленного соосно на центрально расположенном выходном валу гидромотора, показана на рисунке 8.

Качающий узел гидромотора планетарного типа состоит из находящегося во взаимном зацеплении ротора *23* с эпитрохоидным профилем зубьев и кольцевой шестерни *22* с внутренним зубчатым венцом, выполненным в виде вставных цилиндрических роликов *24*. Число зубьев ротора и кольцевой шестерни, определяющие кратность гидромотора, выбраны соответственно

равными шести и семи. Центрально расположенный ротор связан посредством стандартного соединения с валом, вращающимся в двух радиально-упорных роликовых подшипниках *3* и *10*, способных воспринимать внешние радиальную и осевую нагрузки на вал. Эти подшипники установлены соответственно в передней *2* и задней *13* крышках, являющихся одновременно торцевыми замыкателями рабочих камер *15*.

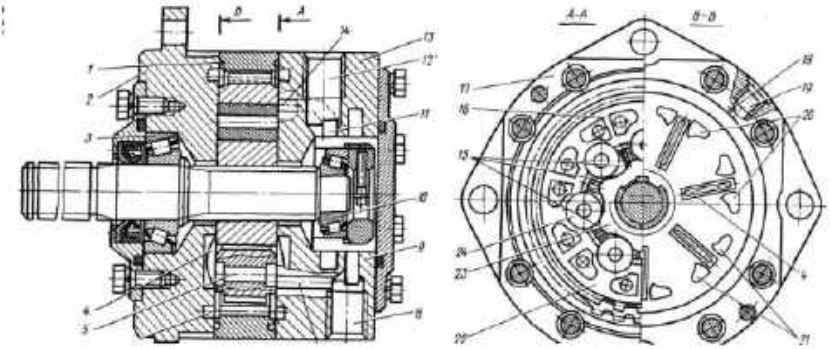


Рис. 8. Планетарный гидромотор:
1 – уплотнитель; 2 – передняя крышка; 3, 10 – подшипники; 4, 5, 7, 14 – каналы; 6 – расточка; 8, 12 – магистрали; 9, 11 – кольцевые камеры; 13 – задняя крышка; 15 – рабочая камера; 16 – шестерня; 17 – кольцо; 18 – фиксатор; 19 – дренажный канал; 20, 21 – фигурные окна; 22 – шестерня; 23 – ротор; 24 – ролик

Кольцевая шестерня *22* имеет также наружный зубчатый венец, находящийся в зацеплении с неподвижным зубчатым кольцом *17*, число внутренних зубьев которого равно числу наружных зубьев кольцевой шестерни. Такое зацепление при постоянном смещении оси кольцевой шестерни относительно оси гидромотора и кольца на величину эксцентриситета допускает планетарное поступательное движение кольцевой шестерни, при котором каждая ее точка движется по окружности с радиусом, равным эксцентриситету.

Неподвижное кольцо *17* с крышками выполняет роль корпуса, для уменьшения износа кольцевой шестерни предусмотрена расточка *6* под масляную ванну, а герметичность достигается установкой уплотнителей. Положение крышек с распределителем относительно ротора должно быть строго определенным. Это достигается установкой фиксаторов *18*. В задней *13* и передней *2* крышках на прилегающих к ротору поверхностях и поверхности шестерни *16* выполнены семь прямоугольных каналов *4* и фигурные окна *20*, через которые подводится и отводится рабочая жидкость. Утечки жидкости отводятся через дренажный канал *19*. Рабочая жидкость поступает в одну из

магистралей *8* или *12* и далее по кольцевой Камере *9* или *11* через каналы *7* или *14* и *5* в рабочие камеры по одну сторону от плоскости симметрии. Таким образом, создается одностороннее давление на ротор, вследствие чего он перемещается и совершает планетарное движение. Из камер, расположенных с противоположной плоскости симметрии, жидкость вытесняется зубьями ротора и по соответствующим каналам и кольцевой камере идет на слив.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение и расположение на комбайне агрегатов гидропривода КПК-3.
2. Из каких гидроузлов состоит гидросистема картофелеуборочного комбайна КПК-3.
3. Для чего в гидросистеме КПК-3 установлен обратный клапан?
4. Поясните работу автомата возврата золотника гидрораспределителя в нейтральном положении.
5. Конструкция гидромотора с планетарным поступательным движением кольцевой шестерни и простым вращательным движением ротора.

Лабораторная работа № 5. Гидрооборудование грейферного погрузчика ПГ-0,2А

Цель работы. Изучить назначение, устройство и взаимодействие гидрооборудования грейферного погрузчика ПГ-0,2А

Порядок выполнения работы

1. Описать устройство и работу агрегатов гидропривода.
2. Непосредственно на машине рассмотреть агрегаты гидропривода, их расположение и назначение.
3. Вычертить в рабочей тетради принципиальную гидравлическую схему ПГ-0,2А по приведенному рисунку.

Описание гидросистемы погрузчика:

Гидросистема погрузчика (рис. 9) является автономной т.к. имеет собственный бак рабочей жидкости и насос высокого давления. Все гидроцилиндры, за исключением гидроцилиндров бульдозера, приводятся в действие от собственного насоса НШ-50У-2 через редуктор. Гидроцилиндры бульдозера приводятся в действие от насоса шасси и управляются гидрораспределителем шасси. Гидросистема состоит из следующих сборочных единиц: гидрораспределителей *6* и *7*, гидроцилиндров *1*, *8*, *11*, *12* и *14*, редуктора *2* с масляным насосом *3*, маслобака *4*, гасителя *10*, замедлительного клапана *13*, гидроцилиндра *9* поворота с демпферами, гидрокоммуникации и маслопроводов, рукавов высокого давления.

Гидрораспределители *6* и *7* (рис. 9) предназначены для управления работой погрузчика. Включением рукоятей распределителя поток масла

направляется в соответствующие гидроцилиндры погрузчика (рис. 10). В корпусе каждого распределителя расположено три золотника.

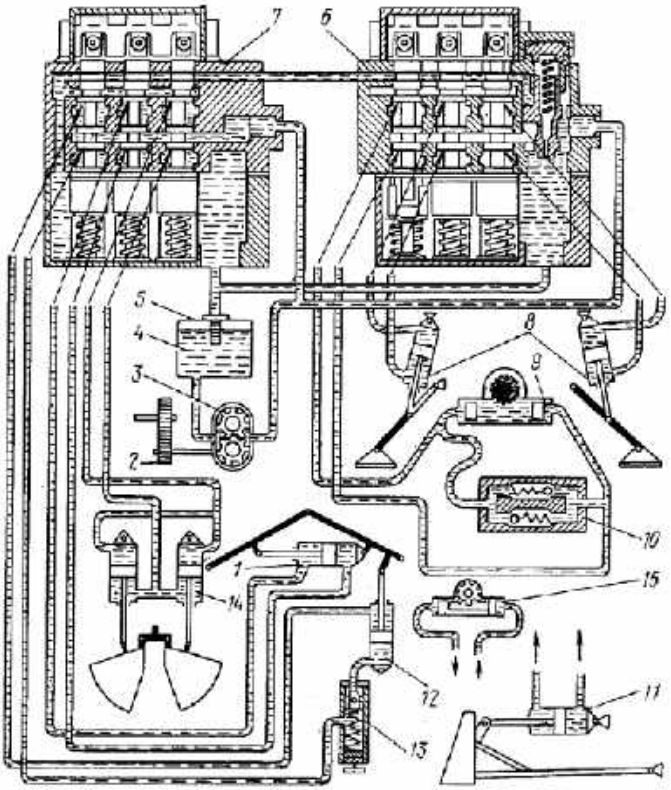


Рис. 9. Гидросистема грейферного погрузчика ПГ-0,2А:
1 – гидроцилиндр надставки; 2 – редуктор; 3 – насос масляный; 4 – маслобак; 5 – фильтр маслобака; 6 – гидрораспределитель Р80-2/2-444; 7 – гидрораспределитель Р80-2/3-444; 8 – гидроцилиндры домкратов; 9 – гидроцилиндр поворота; 10 – гаситель; 11 – гидроцилиндр бульдозера; 12 – гидроцилиндр подъема стрелы; 13 – клапан замедлительный; 14 – гидроцилиндр грейфера; 15 – гидроцилиндр поворота рукояти сменных рабочих органов

Каждый золотник управляет одним гидроцилиндром двустороннего действия. Золотники имеют три положения: два рабочих и одно нейтральное. Золотник устанавливается в рабочее положение движением рукояти от себя или на себя в крайнее положение. При нейтральном положении золотника масло, подаваемое насосом, перепускается через распределитель в бак. При этом полости гидроцилиндра закрыты и шток удерживается в заданном положении.

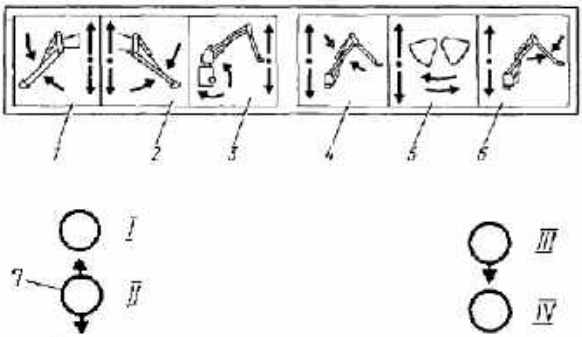


Рис. 10. Символы органов управления погрузчиком:
1 – домкрат левый «Подъем-опускание»; 2 – домкрат правый «Подъем-опускание»; 3 – колонна «Поворот влево-вправо»; 4 – стрела «Подъем-опускание»; 5 – грейфер «Раскрытие-закрытие»; 6 – надставка «Подъём-опускание»; 7 – рукоять управления бульдозером: I – подъем; II – нейтральное положение; III – опускание; IV – плавающее положение

Распределители соединены таким образом, чтобы одновременно работали два распределителя от одного насоса. Нагнетательные и сливные полости соединены между собой соответствующими маслопроводами. Распределители имеют следующие конструктивные отличия: в корпусе распределителя *6* имеется перепускной и предохранительный клапаны. В корпусе распределителя *7* клапаны отсутствуют. Все пружины, за исключением пружины предохранительного клапана, не регулируются. Предохранительный клапан регулируется манометром на стенде на давление 10^{+1} МПа (100^{+10} кгс/см^2).

Гидроцилиндры двустороннего действия (рис. 11) служат для привода исполнительных органов погрузчика: стрелы, надставки, домкратов и бульдозера. Во время движения штока одна полость гидроцилиндра соединена с нагнетающей, а другая – со сливной магистралью.

Редуктор (рис. 12) одноступенчатый, прямозубый, повышающий, модуль 2,5, передаточное число 2,85. Привод редуктора осуществляется от вала отбора мощности шасси через карданный вал.

Ведущий валик насоса через шлицевую эвольвентную муфту соединяется со шлицевым отверстием в шестерне редуктора. Смазывание шестерен и подшипников производится разбрызгиванием. Масло трансмиссионное ТАп-15В или ТСп-15К ГОСТ 23652-79 «Масла трансмиссионные». Емкостью для масла служит нижняя полость корпуса редуктора. Масло заливается через отверстие в крышке, количество залитого масла проверяется по контрольному отверстию. Включение и выключение редуктора производится рычагами управления вала отбора мощности шасси.

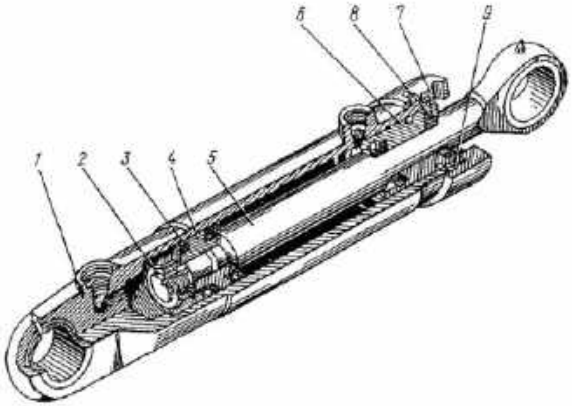


Рис. 11. Гидроцилиндр двустороннего действия:
1 – корпус гидроцилиндра; 2 – гайка специальная; 3 – манжета; 4 – поршень;
5 – шток; 6 – втулка; 7 – крышка передняя; 8 - анжета грязесъемная; 9 – кольцо стопорное

Шлицевая эвольвентная муфта *3* передает крутящий момент от редуктора к насосу. Она состоит из двух полумуфт, сидящих на шлицевом валике насоса и валике, вставляемом в редуктор. Полумуфты соединены зубчатой втулкой *5*. Муфта находится в корпусе 4, жестко соединяющим насос *1* с редуктором *2*.

Масляный насос НШ 50У-2 шестеренчатый, постоянной производительности; служит для нагнетания масла из масляного бака в рабочие полости гидросистемы.

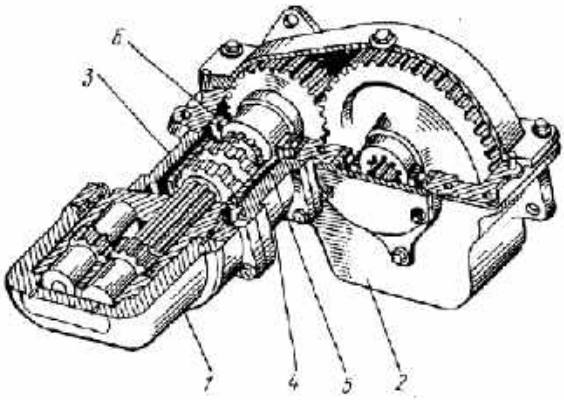


Рис. 12. Редуктор с насосом и муфтой в сборе:
1 – насос масляный; 2 – редуктор; 3 – муфта; 4 – корпус муфты; 5 – втулка;
6 – подшипник

Маслобак (рис. 13) служит емкостью для рабочей жидкости. В верхней части маслобака приварены заливная горловина *1* и патрубок *4*. В заливную горловину вставлен фильтр грубой очистки масла и закрыт съемной крышкой *2*. В патрубок вставлен щуп *3*, имеющий насечки для контроля уровня рабочей жидкости.

В торцовой части маслобака приварены сливная горловина *5*, в которую вставлен фильтр тонкой очистки масла, закрытый фланцем *6*, и заборный патрубок *7*, через который масло поступает к насосу.

Для слива рабочей жидкости в нижней части маслобака предусмотрена сливная пробка *9*.

При монтаже погрузчика на шасси бак крепится к подвеске бульдозера стяжками *8*. Маслобак заправляйте маслом только через фильтр. При нормальной заправке уровень рабочей жидкости должен находиться между контрольными рисками на щупе.

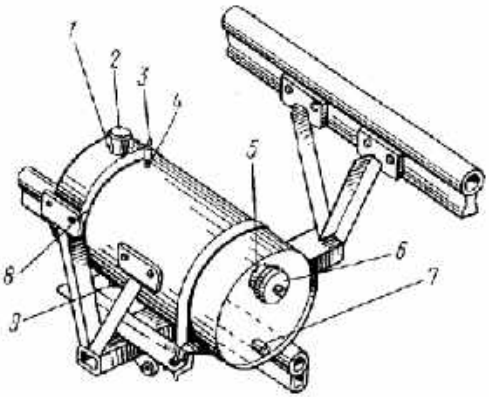


Рис. 13. Маслобак:
1 – горловина заливная; 2 – крышка; 3 – щуп; 4 – патрубок щупа; 5 – горловина; 6 – фланец; 7 – патрубок заборный; 8 – стяжка; 9 – пробка сливная

Гаситель (рис. 14) подключен параллельно цилиндру поворота и состоит из корпуса *1* и двух обратных клапанов, состоящих из шарика *2*, пружины *3* и заглушки *4* с дроссельным отверстием.

При переключении рукояти управления цилиндром поворота из рабочего положения в нейтральное в пределах рабочей зоны масло в полостях цилиндра поворота запирается. В полости, ранее соединенной со сливной магистралью, давление повышается. Под действием этого давления открывается обратный клапан, масло переливается из одной полости в другую, что обеспечивает замедленное прекращение поворота.

Гаситель отрегулирован на заводе-изготовителе и обеспечивает плавную остановку поворота стрелы при максимальном вылете на длине 0,5-0,8 м по дуге окружности.

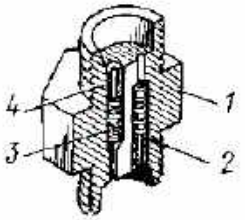


Рис. 14. Гаситель:
1 – корпус; 2 – шарик; 3 – пружина; 4 – заглушка

Гидроцилиндр поворота (рис. 15) служит для поворота стрелы погрузчика. Он состоит из трубы *3*, с одной стороны которой вварена заглушка, с другой навинчена крышка *13*. Уплотнением между крышкой и трубой служит резиновое кольцо *14*. В заглушку и крышку ввинчен корпус *9* демпфера *1* с уплотнительным резиновым кольцом *8*.

Внутри трубы установлена рейка *6*, входящая в зацепление с зубчатым колесом колонны при установке гидроцилиндра. На цапфы рейки напрессованы поршни *4*.

Демпфер предназначен для плавной остановки стрелы в крайних положениях. Принцип его работы следующий. Поршень *4* гидроцилиндра *1* поворота, не доходя 38 мм до крайнего положения, нажимает на золотник *2*. Золотник, перемещаясь в корпусе *9*, перекрывает сливное отверстие от гидроцилиндра. После этого масло на слив проходит через полости, образованные коническими пазами в золотнике. По мере перемещения золотника в корпусе поперечное сечение пазов сужается, а путь прохождения масла по пазам увеличивается. В результате в демпфере и под поршнем гидроцилиндра давление рабочей жидкости возрастает по мере перемещения поршня в крайнее положение. Таким образом, обеспечивается плавное торможение при повороте стрелы. Для нормального перемещения золотника служит клапан *12* и пружина *10*.

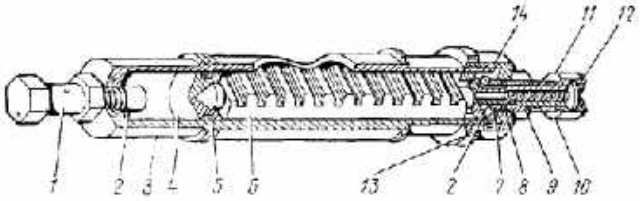


Рис. 15. Гидроцилиндр поворота с демпферами:
1 – демпфер; 2 – золотник; 3 – труба; 4 – поршень; 5 – манжета; 6 – рейка; 7 – стопорное кольцо; 8 – кольцо уплотнительное; 9 – корпус; 10 – пружина; 11 – колпак; 12 – клапан; 13 – крышка; 14 – кольцо уплотнительное

Клапан замедлительный (рис. 16) состоит из корпуса *1*, бонки *5*, пружины *4*, поршня *3*, пробки *6*, гайки *7*, штуцера *2*, шайбы *8* и переходника *9*.

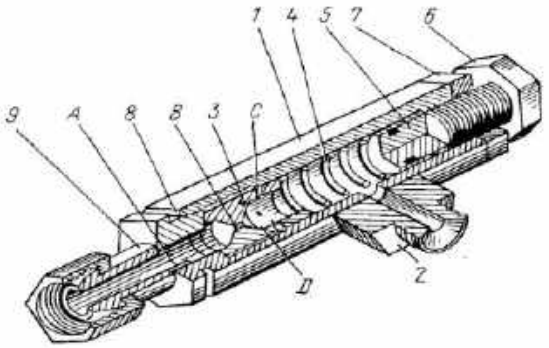


Рис. 16. Клапан замедлительный:
1 – корпус; 2 – штуцер; 3 – поршень; 4 – пружина; 5 – бонка;
6 – пробка; 7 – гайка; 8 – шайба; 9 – переходник

При малых нагрузках в грейфере масло проходит через отверстия С и В поршня и полость D , обеспечивая максимальную скорость опускания стрелы.

При увеличении нагрузки в грейфере увеличивается давление в полости А, дроссель смещается, преодолевая усилие пружины *4*, отверстие С перекрывается и масло проходит только через отверстие В, уменьшая тем самым скорость опускания стрелы.

Регулировка клапана осуществляется пробкой *6*. При вращении пробки по часовой стрелке скорость опускания стрелы увеличивается, против часовой стрелки – уменьшается.

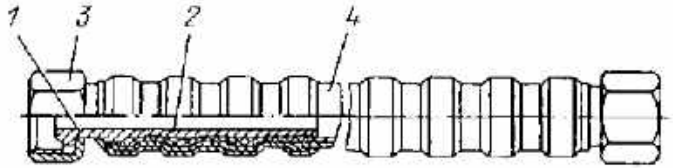


Рис. 17. Рукав высокого давления:
1 – ниппель; 2 – муфта; 3 – гайка накидная; 4 – рукав

Рукава высокого давления, установленные на погрузчике, имеют следующее обозначение Н.036.83.070 и состоят из ниппеля *1* (рис. 17), муфты *2*, накидной гайки *3* и рукава *4*. Всего установлено 8 рукавов различной длины от 460 до 1810 мм.

Контрольные вопросы

1. Из каких гидроузлов состоит гидросистема грейферного погрузчика ПГ-0,2А?
2. Какие конструктивные отличия имеют распределители грейферного погрузчика ПГ-0,2 А?
3. Пояснить принцип работы гидроцилиндра поворота с демпферами.
4. Назначение и принцип работы гасителя грейферного погрузчика ПГ-0,2А?
5. Устройство замедлительного клапана грейферного погрузчика ПГ-0,2А?

Лабораторная работа №6. Гидрооборудование объемных гидростатических трансмиссий

Цель работы. Изучить устройство, гидравлические схемы и взаимодействие узлов и агрегатов гидростатических трансмиссий.

Порядок выполнения работы

1. Изучить по тексту и гидросхемам взаимодействие узлов гидростатических трансмиссий.

2. Вычертить в рабочей тетради принципиальные гидравлические схемы (рис. 18 и 19) и разобраться в условных обозначениях.

На самоходных уборочных машинах широкое применение нашли объемные гидростатические трансмиссии. Испытания зарубежных и отечественных гидрофицированных комбайнов выявили целый ряд их преимуществ: увеличение сменной и сезонной производительности (на уборке зерновых до 30% и на уборке риса до 50%), существенное повышение надежности ходовой части, снижение затрат времени и труда на ТО, повышение качества технологического процесса, улучшение условий труда комбайнеров.

Гидростатические объемные трансмиссии (рис. 18) могут быть двухмашинными с нерегулируемым гидромотором и регулируемым насосом, двухмашинными с регулируемыми насосами гидромотором, трехмашинными и четырехмашинными.

На рисунке 19 показана схема двухмашинной гидротрансмиссии, применяемой на свеклоуборочных комбайнах КС-6Б, картофелеуборочных КСК-4, зерноуборочных «Дон» и других машинах. Регулируемый насос *2* приводится во вращение от двигателя *1* и подает рабочую жидкость к нерегулируемому реверсивному гидромотору *5*. Жидкость через блок обратных клапанов *9* засасывается через фильтр тонкой очистки *10* из резервуара шестеренным насосом подпитки *3* и под давлением, ограниченным клапанами *4*, подается во всасывающую полость, а затем по рукавам высокого давления поступает в рабочую полость нерегулируемого гидромотора *5*, установленного на трехступенчатой коробке передач *6* (одна передача транспортная и две - рабочие). От коробки передач вращение передается на задний мост *7* и ведущие колеса *8*. В гидросистеме имеются охладитель жидкости *11*, фильтр грубой очистки *10*, сливная, дренажная коммуникации, датчики уровня, вакуумметр.

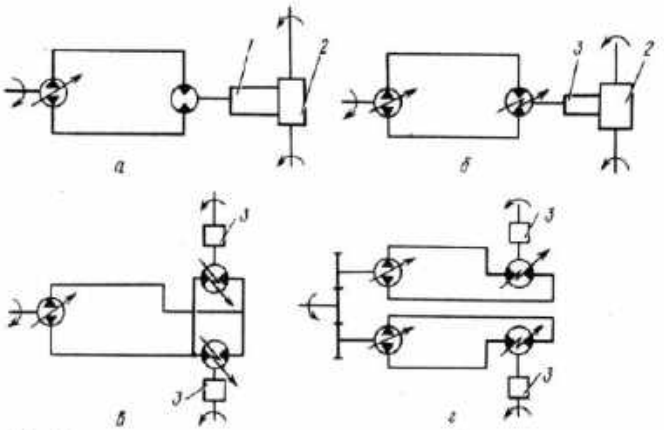


Рис. 18. Схемы гидравлических трансмиссий самоходных машин:
а, б – двухмашинные; в – трехмашинная; г – четырехмашинная;
1 – коробка передач; 2 – дифференциал; 3 – редуктор

Скорость и силу тяги изменяют в зависимости от рабочего объема регулируемого насоса.

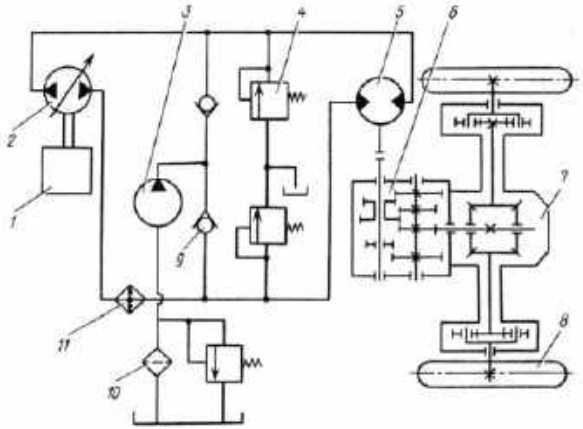


Рис. 19. Схема двухмашинной гидротрансмиссии самоходных машин:
1 – двигатель; 2 – регулируемый насос; 3 – насос подпитки;
4 – клапан; 5 – гидромотор; 6 – коробка передач; 7 – задний мост;
8 – ведущие колеса; 9 – обратный клапан; 10 – фильтр; 11 – охладитель

В основных гидротрансмиссиях самоходных машин для изменения скорости движения используют насос переменного рабочего объема, получающий вращение от ДВС. Исполнительный контур (ИК) гидротрансмиссии комбайнов в общем виде включает в себя гидравлическую (гидромоторы) и механическую (главная передача, дифференциал, КПП, бортовые редукторы)

части. Передаточное число ИК регулируется гидравлическим (изменением рабочего объема гидромотора) или механическим (включением в работу различных зубчатых шестерен) способами.

В первом случае применяют ступенчатое и бесступенчатое регулирование рабочего объема гидромоторов. Ступенчатое регулирование позволяет упростить конструкцию и снизить массу гидромотора по сравнению с бесступенчатым. Оно достигается при использовании составных гидромоторов путем подсоединения различного их числа в работу и при переключении гидромоторов с параллельной на последовательную схему соединения.

Второй способ регулирования ИК заключается обычно во введении КПП. Схема с изменением передаточного числа бортовых редукторов не получила распространения ввиду сложности конструкции последних, что, однако, не исключает возможности ее применения. При нерегулируемом исполнительном контуре его можно рассматривать как частный случай обоих способов, при котором число ступеней регулирования равно единице.

Для каждого способа может применяться один гидромотор, что вынуждает устанавливать механический дифференциал, или два гидромотора, встраиваемых в колеса.

На рисунке 20 показана трехмашинная схема гидростатической трансмиссии, применяемой на зерноуборочном комбайне Е-516.

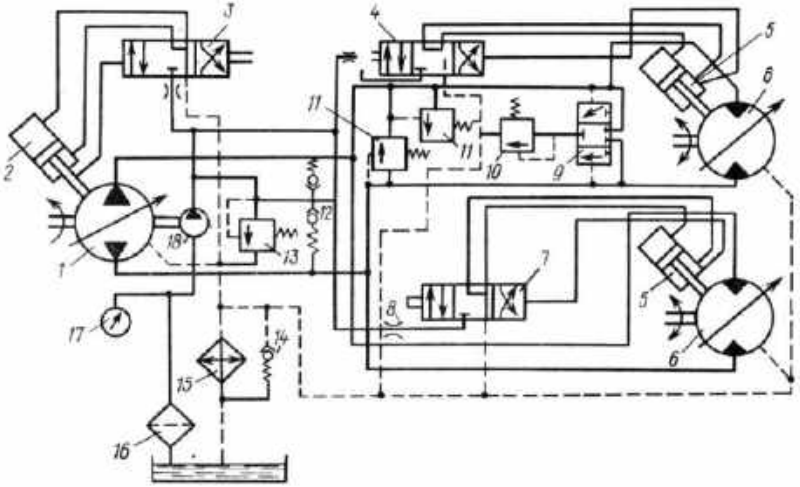


Рис. 20. Схема трехмашинной гидростатической трансмиссии зерноуборочного комбайна Е-516:

1 – регулируемый насос; 2, 5 – гидроцилиндры; 3 – золотник-реверс; 4, 7, 9 – распределители; 6 – гидромоторы; 8 – дроссель; 10, 11, 13 – -предохранительные клапаны; 12 – блок обратных клапанов; 14 – обратный клапан; 15 – охладитель; 16 – фильтр; 17 – вакуумметр; 18 – насос подпитки

На комбайнах с трехмашинной трансмиссией отсутствуют механические узлы, масса которых примерно в 3 раза больше массы деталей, снимаемых при установке двухмашинной трансмиссии. Кроме того, благодаря понижению скоростного режима гидромоторов и сокращению числа механических передач несколько повышается КПД.

Регулируемый аксиально-поршневой насос *1* приводится во вращение от двигателя. Установленный на одном валу с основным насосом насос подпитки *18* подает жидкость через блок обратных клапанов *12* в магистраль низкого давления. Насос *1* направляет жидкость к регулируемым гидромоторам *6*, которые установлены непосредственно в ведущих колесах. Скорость регулируется изменением рабочих объемов гидромашин при помощи гидравлических цилиндров *5* и распределителей *7* и *9*. В гидросистему входят также предохранительные клапаны *10*, 11, *13*, фильтр *16*, охладитель *15*, вакуумметр *17*, дроссели *8*, золотник реверс *3*. Применение трехмашинной схемы позволяет исключить коробку передач, задний мост, дифференциал и значительно повысить надежность ходовой системы.

В гидростатических трансмиссиях самоходных машин с целью отключения гидромоторов и перевода их в режим свободного вращения проводят «расцепление» катков поршневых групп и криволинейных участков профилированной направляющей, фирмой «Партек» (Финляндия) рекомендуется следующая схема (рис. 21). Такой гидропривод включает регулируемый насос *12* и насос подпитки *11* с системой клапанов *9* и *10*. Гидромоторы *7* и *8* выключают при помощи распределителей *4* и *5*. При этом напорная и сливная гидролинии привода через распределители *4* и *5* соединяются с гидробаком, а в корпусе гидромоторов *7* и *8* устанавливается давление жидкости, определяемое давлением жидкости в гидроаккумуляторе *6* и давлением в сливной гидролинии, зависящим от настройки подпорного клапана *1*. Под действием давления жидкости в корпусе гидромоторов *7* и *8* их поршневые группы перемещаются к центру моторов; при этом прекращается контакт катков поршневых групп с криволинейными участками профилированной направляющей. Эти гидромоторы не создают тормозного момента, исключаются также потери энергии, связанные с циркуляцией жидкости в их каналах. При включении гидромоторов *7* и *8* в работу (в дополнение к гидромоторам *2*, *3*) распределители *4* и *5* установлены в другие позиции. Давление в гидроаккумуляторе *6* меньше давления жидкости в сливной гидролинии, и катки поршневых групп находятся в постоянном контакте с участками профилированной направляющей.

Схему (рис. 21) целесообразно использовать на тракторных прицепах, полуприцепах и в трансмиссиях самоходных или прицепных машин.

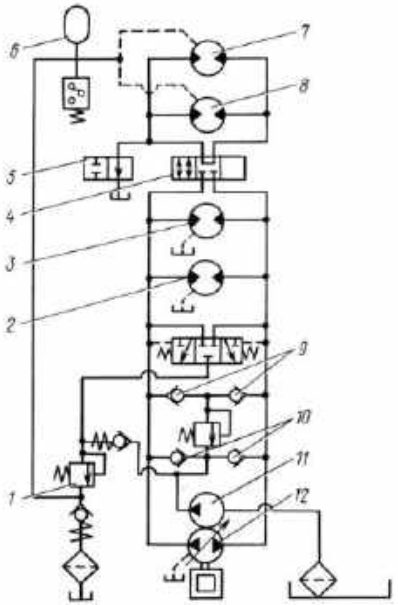


Рис. 21. Схема гидростатической трансмиссии фирмы «Партек» (Финляндия):
1 – подпорный клапан; 2, 3, 7, 8 – гидромоторы; 4, 5 – распределители;
6 – гидроаккумулятор; 9, 10 – клапаны; 11 – насос подпитки; 12 – регулируемый насос

В конструкциях зарубежных фирм распространение получает и гидропривод, который используется и на прицепных машинах. Так, фирма «Партек» (Финляндия) применяет гидростатические вспомогательные передачи на прицепах-самосвалах и других транспортных средствах (рис. 22).

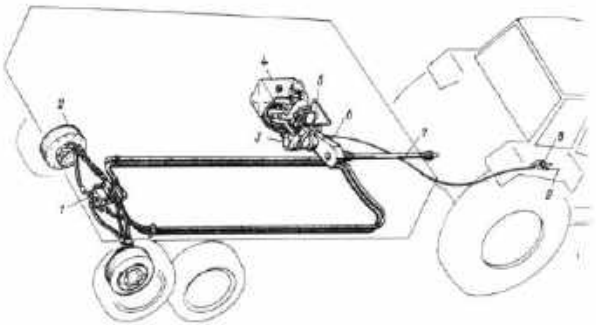


Рис. 22. Схема гидропривода вспомогательных передач:
1 – распределитель; 2 – мотор-колесо; 3 – насос; 4 – резервуар;
5 – клапанная коробка; 6 – редуктор; 7 – карданная передача;
8 – рычаг режима работы; 9 – рычаг управления

Прицеп-самосвал оснащен собственным резервуаром *4*, гидравлическим насосом *3*, клапанной коробкой 5, распределителем *1* и мотор-колесами *2*. Насос приводится во вращение от ВОМ трактора через карданную передачу *7* и редуктор *6*. Гидравлическая трансмиссия работает следующим образом: от ВОМ передается вращение на вал аксиально-поршневого насоса *3* переменной подачи. Жидкость под давлением поступает через направляющий и распределительный клапаны и систему трубопроводов к гидромоторам, которые включаются в работу при помощи рычагов 9 и 8. Гидростатическая вспомогательная передача обеспечивает автоматическую синхронизацию с главной передачей агрегатируемого трактора. Гидромоторы, встроенные в ступицы ведущих колес мобильных машин, значительно упрощают конструкцию ходовых систем.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы двухмашинной гидротрансмиссии.
2. Перечислите преимущества комбайнов оснащенных объемной гидростатической трансмиссией.
3. Что включает в себя исполнительный контур гидротрансмиссии комбайнов.
4. Пояснить принцип работы трехмашинной гидротрансмиссии.
5. Что делают в гидростатических трансмиссиях самоходных машин для перевода гидромоторов в режим свободного вращения?

Лабораторная работа № 7. Основная гидросистема кормоуборочного комбайна ДОН-680

Цель работы. Изучить устройство, гидравлические схемы и взаимодействие узлов и агрегатов комбайна ДОН-680.

Порядок выполнения работы

1. Изучить работу гидросистемы комбайна.
2. Вычертить в рабочей тетради принципиальные гидравлические схемы (рис. 24) и разобраться в условных обозначениях.

Принцип действия гидросистемы

Основная гидросистема кормоуборочного комбайна Дон-680 предназначена для управления рабочими органами комбайна, участвующими в его технологическом процессе. С ее помощью осуществляет: подъем и опускание адаптера *10*, *12* (рис. 23); включение и выключение привода питающего аппарата *9* и измельчителя *3*; быстрый реверс и заточку барабана; поворот *5*, наклон *4* силосопровода и его козырька *1*.

Таблица 5

Техническая характеристика основной гидросистемы комбайна ДОН-680

Показатели	Значение
Давление в системе, МПа	12,5
Общая заправочная вместимость, л	45
Вместимость бака, л	25
Марка насоса	НШ-32А-3
подача, л/мин	56,5
Тип распределителей	золотниковые секционные
количество, шт.	3
число секций распределителей, шт.	10
Гидромоторы ГМП-125, ГМП-165, тип	планетарные

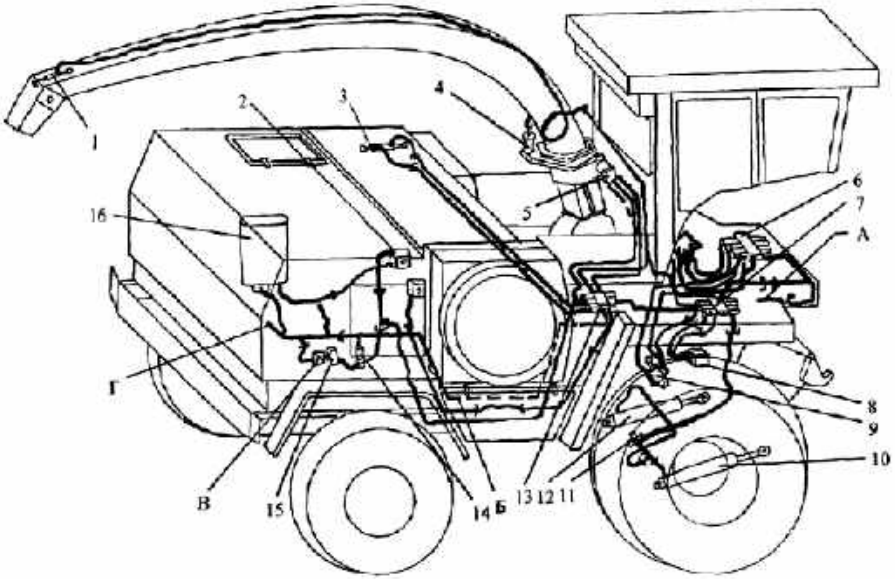


Рис. 23. Монтажная схема основной гидросистемы комбайна Дон-680:
А – место слива масла с четырехсекционного электрогидравлического распределителя;
Б – место слива масла из гидросистемы; В – место замера давления; Г – место заправки гидросистемы; 1 – гидроцилиндр наклона козырька силосопровода; 2 – насос НШ-32А-3;
3 – гидроцилиндр леникса включения измельчителя; 4 – гидроцилиндр наклона силосопровода; 5 – гидромотор МГП-125 поворота силосопровода;
6 – четырехсекционный электрогидравлический распределитель;
7, 13 – трехсекционные электрогидравлические распределители; 8 – гидромотор МГП-165 быстрого реверса и заточки барабана; 9 – гидроцилиндр леникса включения питающего аппарата; 10, 12 – гидроцилиндры подъема адаптера; 11 – дросселирующий клапан;
14 – гидроклапан с электромагнитным управлением;
15 – предохранительно-переливной гидроклапан; 16 – масляный бак

Гидросистема включает в себя масляный бак *16* (общий с гидросистемой рулевого управления), шестеренный насос *2*, предохранительно-переливной клапан *15*, гидроклапан с электромагнитным управлением *14*, гидрораспределители с электрогидравлическим управлением 6 (четырехсекционный), *7* и *13* (трехсекционные), дросселирующий настраиваемый клапан *11*, рабочие гидроцилиндры, магистрали, дроссели и гидромуфты.

В гидросистеме можно выделить четыре потока рабочей жидкости (рис. 24): всасывания – магистраль *2*, нагнетания – магистраль *16*, управления – магистрали *5*, *12* и слива – магистрали *8*, *9*, *10* и *13*.

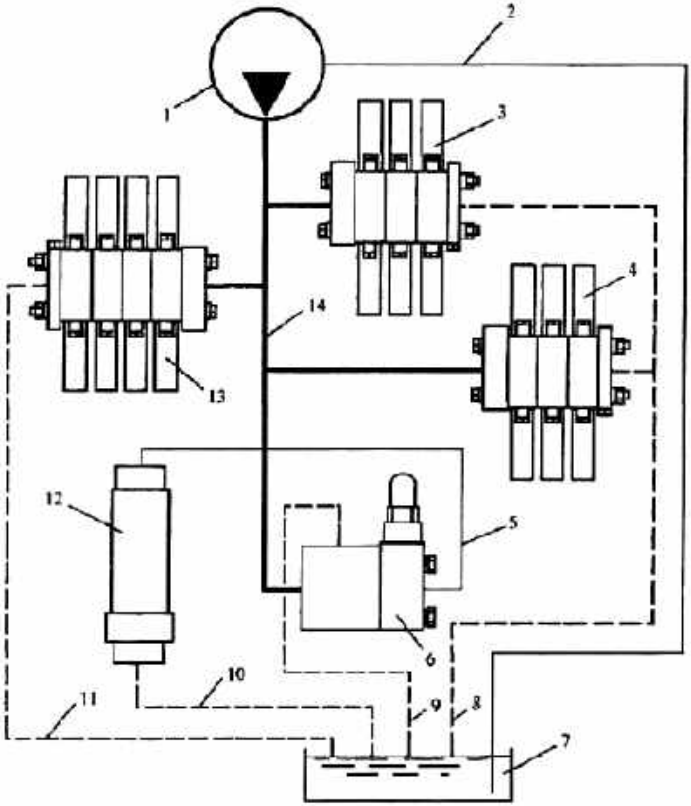


Рис. 24. Схема потоков рабочей жидкости при нейтральном положении гидросистемы:
1 – насос; 2 – поток подачи рабочей жидкости в насос;
3, 4, 13 – электрогидравлические распределители; 5 – поток управления;
6 – предохранительно-переливной клапан; 7 – масляный бак; 8, 9, 10, 11 – потоки слива;
12 – клапан с электромагнитным управлением; 14 – поток нагнетания от насоса

При работающем двигателе масло из бака *7* по магистрали *2* насосом *1* подается в магистраль *16* нагнетания.

Если все золотники распределителей *3*, *4* и *13* находятся в нейтральном положении, масло перекачивается в бак двумя потоками – по магистрали управления и сливной магистрали *9*.

По магистрали управления масло уходит на слив через дроссельное отверстие предохранительно-переливного клапана *6*, магистраль *5*, клапан с электромагнитным управлением *12* и магистраль *10*.

Так как дроссельное отверстие не может перепустить весь поток масла из нагнетательной магистрали, то в основном он уходит на слив через предохранительно-переливной клапан *6* и сливную магистраль *9*.

При включении любого из рабочих органов магистраль управления перекрывается так как при включении гидрораспределителей *3*, *4* и *13* канал управления запирается клапаном *12*. После закрытия магистрали управления предохранительно-переливной клапан перекрывает проход масла из нагнетательной магистрали *14* в сливную *9*, и оно от распределителей поступает к включенным потребителям.

Устройство и работа узлов основной гидросистемы

Бак, шестеренный насос, предохранительно-переливной клапан, гидрораспределители с электрогидравлическим приводом, клапан с электромагнитным управлением, дросселирующий настраиваемый клапан и почти все рабочие гидроцилиндры имеют те же назначение и конструкцию, что и у зерноуборочного комбайна.

Четырехсекционный гидрораспределитель *6* (рис. 23) расположен на раме комбайна с правой стороны и управляет гидроцилиндрами вертикального и горизонтального перемещения мотовила адаптера, вариатора привода мотовила, включения привода питающего аппарата.

Два трехсекционных распределителя *7* и *13* расположены на раме с правой стороны по ходу движения.

Передний гидрораспределитель *7* предназначен для включения гидромотора быстрого реверса и заточки измельчающего барабана, гидроцилиндров наклона силосопровода и подъема адаптера.

Задний гидрораспределитель *13* включает леникс измельчающего барабана, поворачивает силосопровод и его козырек. На этом трехсекционном распределителе установлен вентиль *14* (рис. 25) для слива масла из поршневой полости гидроцилиндра леникса измельчающего барабана. Такая необходимость возникает при внезапной или аварийной остановке двигателя комбайна с включенным лениксом. Открывая вентиль *14*, и воздействуя на гидроцилиндр леникса механически, можно задвинуть шток до конца (леникс выключен), так как масло через болт-штуцер *15*, трубопровод *2* и болт-штуцер *7* уходит на слив через секцию поворота козырька силосопровода.

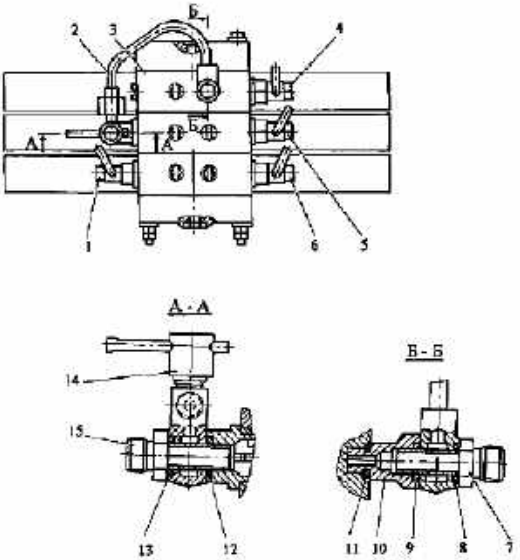


Рис. 25. Задний трехсекционный гидрораспределитель:
1, 4, 5, 6 – болты-дроссели; 2 – трубопровод; 3 – гидрораспределитель;
7, 15 – болты-штуцера; 8, 9, 11, 12, 13 – уплотнительные кольца; 10 – штуцер;
14 – вентиль

Секция трехсекционного гидрораспрелителя, управляющая поворотом козырька силосопровода, имеет в перегородке расточки болта-штуцера *4* отверстие для прямого соединения со сливом основной системы. Через это же отверстие, при включении козырька силосопровода, часть масла уходит на слив, создавая в управляющим им гидроцилиндре более низкое давление, чем настройка ППК. Уменьшается количество масла, проходящего через дроссели магистралей, увеличивается время поворота козырька.

Рабочие гидроцилиндры основной гидросистемы предназначены для привода в действие, изменения режимов работы и установочных параметров рабочих органов комбайна, обеспечивающих нормальное протекание технологического процесса.

Гидроцилиндры, в зависимости от характера управляемого ими процесса, могут быть двустороннего (поршневые) и одностороннего (плунжерные) действия.

Гидроцилиндры двустороннего действия установлены на включении лениксов питающего аппарата и быстрого реверса жатвенной части (рис. 26, а), а также включения заточки барабана (рис. 26, б).

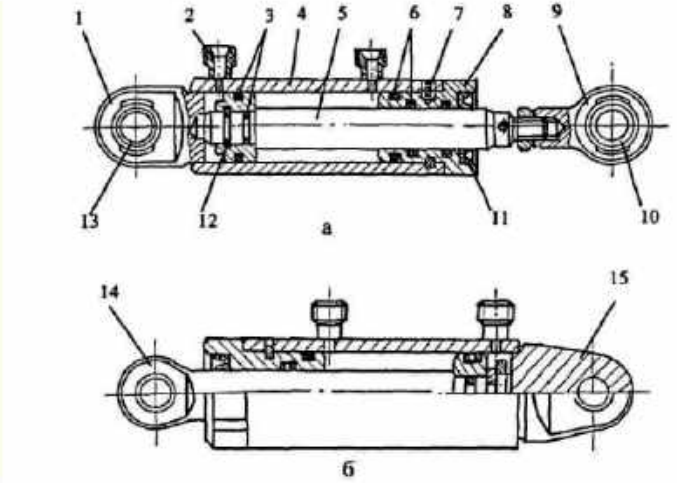


Рис. 26. Гидроцилиндры двустороннего действия:
а – лениксов питающего аппарата и быстрого реверса жатвенной части;
б – включения заточки барабана; 1,15 – донышки; 2, 16 – штуцера;
3, 6 – уплотнительные кольца; 4 – гильза; 5 – шток; 7, 12 – стопорные кольца;
8 – головка; 9, 14 – проушины; 10, 13 – сферические втулки; 11 – грязесъемник

Гидроцилиндры этого типа выполнены в виде гильзы *4* с приваренным к ней донышком *1* со сферической втулкой *13* для присоединения.

Во внутренней полости гильзы установлен шток *5* с поршнем. Последний фиксируется на штоке стопорным кольцом *12*. Уплотнительные кольца *3* устраняют перетекание масла из полости давления в полость слива. Головка *8*, внутри которой перемещается шток, вставлена в гильзу и зафиксирована стопорным кольцом *7*. В головке установлены уплотнительные кольца *6* и грязесъемное каркасное кольцо *11*. На внешнем конце штока может быть выполнена как целая (*14*) или навернута (*9*) проушина для присоединения цилиндра к рабочему органу, которым он управляет. Во втором случае проушина снабжена сферической втулкой *10*, позволяющей регулировать длину штока. Сферические втулки *10*, *13* дают возможность гидроцилиндрам самоустанавливаться во время работы. Если такая компенсация не требуется, в донышке *15* выполняют обычное отверстие.

К цилиндру приварены штуцера *2*, сообщающиеся с внутренней полостью гильзы через просверленные в ней каналы. Один из штуцеров *16* может быть выполнен в донышке цилиндра.

Гидроцилиндры одностороннего действия применяются для подъема и опускания адаптера комбайна (рис. 27, а) и поворота козырька силосопровода (рис. 27, б).

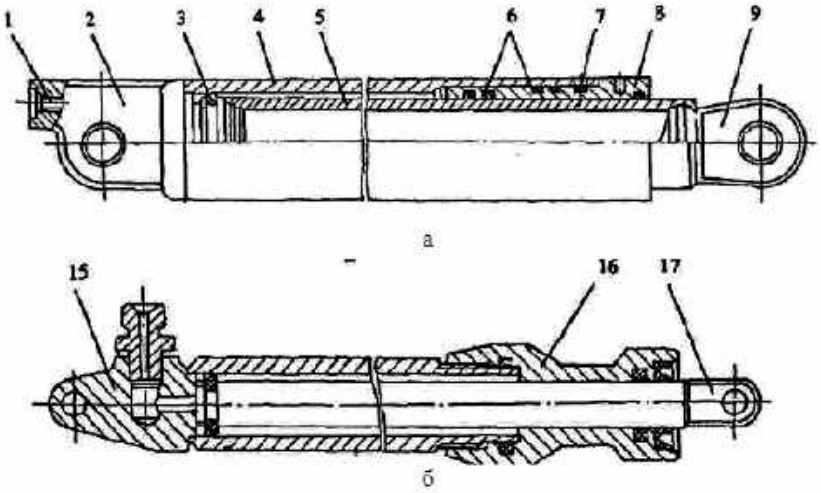


Рис. 27. Гидроцилиндры одностороннего действия:
а – подъема и опускания адаптера комбайна; б – гидроцилиндр поворота козырька силосопровода; 1 – штуцер; 2,15 – донышки; 3, 7 – стопорные кольца; 4 – гильза; 5 – плунжер; 6 – уплотнительные кольца; 8, 16 – головки; 9, 17 – проушины

Корпус этих цилиндров состоит из гильзы *4* и приваренного к ней донышка *2* с проушиной. В донышке имеется штуцер 1 для соединения цилиндра с гидросистемой.

В гильзу гидроцилиндра вставлена головка *8* и уплотнена с ней и плунжером резиновыми кольцами *6*. Осевое перемещение головки предотвращается стопорным кольцом *7*. Головка *16* может быть навернута на внешнюю поверхность гильзы.

Плунжер *5* движется в гильзе с зазором и направляется головкой *8*, в которой скользит с минимальным зазором. Его ход ограничен замковым кольцом *3*, установленным в канавке плунжера.

Головка плунжера *16* выполнена заодно с ним, может быть приварена (*9*) для соединения цилиндра с управляемым органом.

Для уменьшения массы цилиндра плунжер может быть сделан пустотелым.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы предохранительно-переливного клапана.
2. Назначение основной гидросистемы кормоуборочного комбайна Дон-680.
3. Техническая характеристика основной гидросистемы комбайна ДОН-680.
4. Какие гидроузлы включает в себя гидросистема комбайна ДОН-680?
5. Назовите потоки рабочей жидкости гидросистемы комбайна ДОН-680.
6. Поясните устройство и работа узлов основной гидросистемы.

Лабораторная работа № 8. Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8»

Цель работы. Изучить устройство, основных частей пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».

Порядок выполнения работы

1. Описать устройство и работу агрегатов пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений.

2. Изучить работу основных частей пневматической системы разбрасывателя минеральных удобрений.

Воздухораспределитель – служит для управления тормозами сельскохозяйственной машины (рис. 28). Он устанавливается на сельскохозяйственной машине рядом с воздушным баллоном и при снижении давления в магистрали сельскохозяйственной машины подает сжатый воздух из воздушного баллона в тормозные камеры сельскохозяйственной машины. При восстановлении давления в магистрали воздухораспределитель выпускает сжатый воздух из тормозных камер в атмосферу.

Верхняя полость а (рис. 28) соединена с магистралью управления тормозами сельскохозяйственной машины, полость *б* - с воздушными баллонами сельскохозяйственной машины, полость *в* - с тормозными камерами сельскохозяйственной машины и полость *г* - с атмосферой.

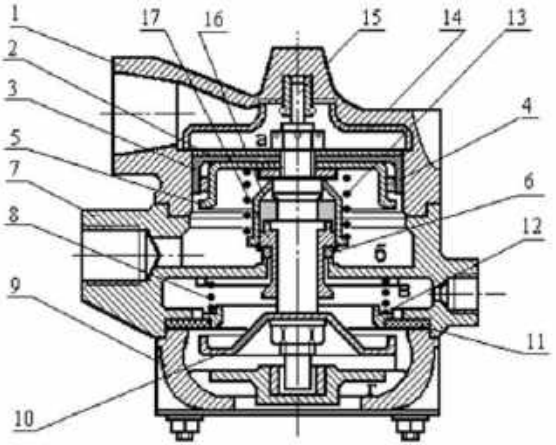


Рис. 28 Воздухораспределитель:
1, 7, 9, 14 – элементы корпуса; 2 – тарелка; 3 – манжета;
6 – впускной клапан, 8 – полость клапана, 10 – выпускной клапан;
11 – диафрагма; 12, 13 – пружина; 15 – шток; 16, 17 – клапан

Исходное состояние: пружина *13* прижимает клапан *17* к гнезду корпуса *7*, разъединяя полости *б* и *в*. Одновременно эта пружина поднимает вверх тарелку *2* поршня со штоком 15 и выпускной клапан *10* кромками упирается в диафрагму *11*. Полость *в* и соединенная с ней магистраль отделяются от полости *г* и атмосферы. В этом состоянии все полости разделены между собой.

В отторможенном состоянии сжатый воздух заполняет полость *а*, проходит между стенками корпуса и краями манжеты поршня в полость *б* и в воздушные баллоны прицепа. При этом воздух давит на поршень и заставляет его опускаться вниз. Сжатый воздух поступает из полости *а* в полость *б* до выравнивания давления в них. Поскольку в соединительной магистрали сельскохозяйственной машины давление составляет (4,8-5,3) кг/см^2, то такое же давление воздухораспределитель установит в воздушных баллонах сельскохозяйственной машины.

При нажатии на педаль тормоза давление воздуха в соединительной магистрали и в полости *а* падает. Давление в полости *б* (под поршнем) становится выше, чем в полости *а* (над поршнем). Поршень сдвигается вверх, увлекая за собой шток *15* и выпускной клапан *10*. Сжатый воздух проходит из воздушных баллонов прицепа через полость *б* в полость в и далее в тормозные камеры сельскохозяйственной машины. По мере расходования воздуха на торможение давление в полости *б* уменьшается и воздух в полости в, действуя на диафрагму *11* вместе с пружиной *8*, сдвигает шток вниз. При смещении вниз выпускного клапана пружина *13* прижмет впускной клапан *6* к гнезду в корпусе *7* и давление в тормозных камерах сельскохозяйственной машины стабилизируется. Для повышения давления в тормозных камерах необходимо еще снижать давление в магистрали сельскохозяйственной машины. Снова повторится процесс впуска воздуха в тормозные камеры. Таким образом обеспечивается следящее действие воздухораспределителя.

При резком нажатии на педаль тормоза (аварийное торможение) давление в соединительной магистрали резко падает до нуля. Это вызывает быстрый подъем вверх поршня и штока воздухораспределителя и полное открытие впускного клапана. Сжатый воздух из баллонов прицепа быстро проходит в тормозные камеры. Большой перепад давления в полостях *а* и *б* не дает впускному клапану закрыться и в тормозных камерах сельскохозяйственной машины устанавливается давление, равное давлению в баллонах прицепа. Это вызывает резкое торможение.

При отпускании педали тормоза в полости *а* давление поднимается до величины 4,8 кг/см^2 и воздух под этим давлением вместе с усилием от воздуха на выпускной клапан в полости *в* вызывают перемещение штока вниз до упора его бурта в проточку клапана. Выпускной клапан *10* отходит от диафрагмы *11*. В образовавшуюся щель воздух выходит из тормозных камер

через полости *в* и *г* в атмосферу. Происходит оттормаживание сельскохозяйственной машины.

Давление воздуха в полости а отжимает манжету *3* поршня, и воздух попадает в полость *б* и воздушные баллоны сельскохозяйственной машины, компенсируя израсходованный воздух на предыдущее торможение.

Воздухораспределитель может работать в качестве тормозного крана сельскохозяйственной машины. В этом случае полость а соединена с поддиафрагменной полостью тормозного крана трактора, полость *б* – с воздушными баллонами трактора, полость *в* – с магистралью, связывающей трактор с сельскохозяйственной машиной и полость *г* – с атмосферой.

Регулятор давления – служит для автоматического поддержания необходимого давления воздуха в пневматической системе. Он ограничивает минимальный и максимальный пределы давления в ПС путем подачи сжатого воздуха в разгрузочное устройство компрессора или удаления из него, обеспечивая при этом включение или выключение подачи воздуха компрессором в систему.

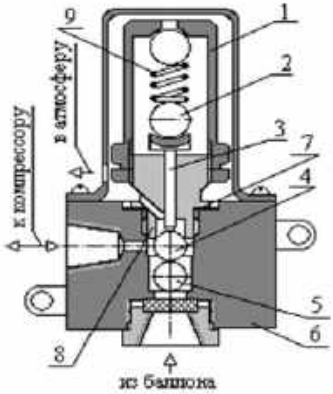


Рис. 29 Регулятор давления:
1 – колпак; 2 – шарик; 3 – стержень; 4 – выпускной клапан; 5 – впускной клапан; 6 – корпус выпускного клапана; 7 – прокладка; 8 – гнездо; 9 – пружина

В отечественных автомобилях применяют регуляторы давления двух типов: с шариковыми клапанами и диафрагменные. Регулятор давления с шариковым клапаном АР-10 представлен на рис. 29. В корпусе *6* размещены два шариковых клапана *4* и *5*, которые действуют на стержень *3*, связанный с регулировочной пружиной *9* через шарик *2*. При давлении в пневматической системе ниже максимального, пружина *9* удерживает впускной клапан *5* в прижатом состоянии к гнезду в корпусе *6* и полость разгрузочного устройства компрессора сообщается с атмосферой. Если давление в системе превысит максимальное, то под действием силы давления впускной клапан

5 откроет отверстие и одновременно выпускной клапан *4* перекроет выпускное отверстие гнезда *8*. В этом положении связь полости разгрузочного устройства компрессора с атмосферой прерывается. Сжатый воздух проходит через впускной клапан *5* и поступает в разгрузочное устройство компрессора.

Верхний предел давления регулируют колпаком *1* (изменяют натяжение пружины *9*). Разность давлений, при которой включается или выключается разгрузочное устройство, устанавливается изменением количества прокладок *7* под корпус *6* выпускного клапана. При снятии прокладок разность давлений увеличивается, при добавлении – уменьшается.

Регулятор давления АР-11 крепится к блоку цилиндров компрессора и отличается от АР-10 наличием двух фильтров на входе и выходе, что повышает надежность.

Воздушные баллоны – служат для аккумулирования сжатого в компрессоре воздуха. Благодаря им компрессор работает под нагрузкой кратковременно, а при достижении определенного давления в баллонах разгружается на время, пока из них не израсходуется определенное количество воздуха.

В зависимости от расхода сжатого воздуха потребителями, необходимо иметь определенный запас, которого должно хватать на некоторый период работы пневматической системы при внезапном прекращении работы компрессора.

Общий объем баллонов влияет на работу компрессора. При установке баллонов большого объема компрессор включается реже, но работает дольше, что может привести к его перегреву и снижению производительности. При малых объемах сокращается время непрерывной работы компрессора, но увеличивается частота его включений.

Наиболее распространенный воздушный баллон состоит из цилиндрической обечайки и двух штампованных выгнутых днищ, приваренных к ней. На баллонах к днищам и к обечайке сверху и снизу приварены бобышки, имеющие резьбовые отверстия для присоединения воздухопроводов и сливных кранников. После сварки баллоны снаружи и изнутри покрывают коррозионно-устойчивой краской и проверяют на герметичность под давлением.

Предохранительный клапан – предназначен для защиты пневматической системы от чрезмерного повышения давления воздуха в случае неисправности автоматического регулятора давления. Он устанавливается на одном из воздушных баллонов.

В корпусе *2* клапана (рис. 30) с одного конца ввернут штуцер *1* с гнездом для клапана *3*, а с другого – регулирующий винт 6. Стальной шарик прижат к гнезду через составной шток *7* усилием пружины *4*. Пружина отрегулирована на предельное давление, при котором воздух отжимает шарик

от гнезда и выходит в атмосферу. Клапан регулируют винтом *6* и стопорят контргайкой *5*.

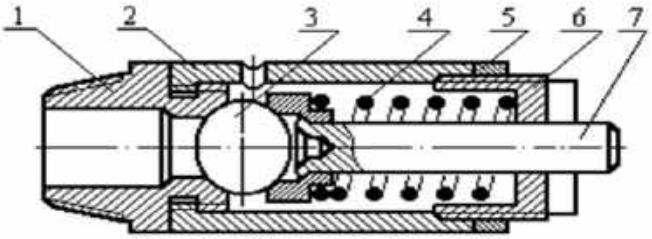


Рис. 30 Предохранительный клапан:
1 – штуцер; 2 – корпус; 3 – клапан; 4 – пружина; 5 – контргайка;
6 – регулировочный винт; 7 – составной шток

Обратные клапаны – служат для предотвращения утечки воздуха в атмосферу из баллонов в случае повреждения части системы, подключенной к другим баллонам, или при резком падении давления в системе соединяющей компрессор с баллонами. Они устанавливаются на входе в воздушные баллоны.

Обратный клапан, представленный на рис. 31, состоит из корпуса *1*, трубки с отверстиями *2*, пластинчатого клапана *3* и пружины *4*. Этот клапан устанавливается внутри баллона. Возможность накопления в нем конденсата и примерзания клапана исключены, т.к. конденсат стекает в воздушный баллон.

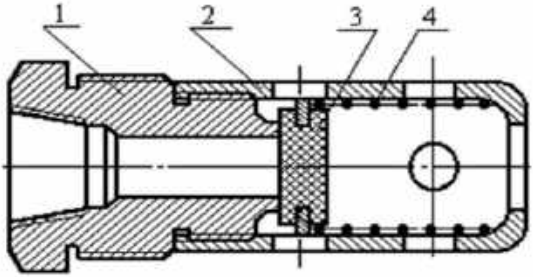


Рис. 31 Обратный клапан:
1 – корпус; 2 – трубка с отверстиями; 3 – пластинчатый клапан; 4 – пружина

Сливные краны – предназначены для периодического слива конденсата из всех баллонов и масловлагоотделителя (рис. 32). Пружина *2* прижимает клапан к седлу *4* в нормальном состоянии. Выпуск конденсата осуществляется наклоном клапана *3* с помощью кольца *5*.

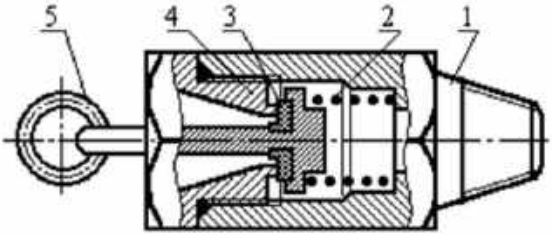


Рис. 32 Сливной клапан:
1 – корпус; 2 – пружина; 3 –клапан; 4 – седло; 5 – кольцо

Тормозной кран сельскохозяйственной машины – устанавливается в том случае, если трактор оборудован тормозным краном, не предназначенным для управления давлением в магистрали сельскохозяйственной машины.

Тормозной кран сельскохозяйственной машины управляется давлением воздуха, поступающего из поддиафрагменной полости установленного на тракторе односекционного тормозного крана.

Тормозной кран сельскохозяйственной машины выполняет следующие функции:

- торможение сельскохозяйственной машины, выпуская воздух из соединительной магистрали при повышении давления в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора;
- оттормаживание, подавая сжатый воздух в соединительную магистраль при падении давления в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора;
- обеспечивает соответствие давления в соединительной магистрали давлению в поддиафрагменной полости тормозного крана трактора.

Контрольные вопросы

1. Пояснить принцип работы Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
2. Устройство тормозного крана пневмосистемы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
3. Расскажите устройство воздухораспределителя пневмосистемы.
4. Принцип работы тормозного крана пневмосистемы разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8».
5. Поясните принцип работы воздухораспределителя пневмосистемы.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Володько, О. С. Гидравлические и пневматические системы транспортно-технологических машин : учебное пособие. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 252 с.

2. Протасов, А. А. Гидросистема комбайнов «ДОН-1500Б» и «ДОН-680» : учебное пособие ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», Саратов, 2003. – 46 с.

3. Лепешкин, А. В. Гидравлические и пневматические системы : учебное пособие / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин. – М. : ACADEMIA, 2011. – Режим доступа: http://www.twirpx.com/file/494098/

4. Стесин, С. П. Гидравлика, гидромашины и гидропривод : учебное пособие. – М. : ACADEMIA, 2008 [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.academia-moscow.ru/ftp_share/_books/fragments /fragment_20001.pdf

5. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы : учебник / Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов [и др.]. 2-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1982. – 423 с.

6. Кононов, А. А. Гидравлика. Гидравлические машины и гидроприводы СДМ : методические указания / А.А. Кононов, С. М. Ермашонок. – Братск : БрГТУ, 2003. – 61 с.

7. Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я. М. Вильнер, Я. Т. Ковалев, Б. Б. Некрасов [и др.]; Под. ред. Б. Б. Некрасова. – 2-е изд., перераб. и дополн. – Минск : Высшая школа, 1985. – 382 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3
Лабораторная работа № 1 Условные обозначения элементов гидропривода в принципиальных гидравлических схемах 4
Лабораторная работа № 2 Гидравлическое оборудование стенда для испытания агрегатов гидропривода с/х техники КП-4815М 14
Лабораторная работа № 3 Гидрооборудование ботвоуборочной машины БМ-6А 21
Лабораторная работа № 4 Гидрооборудование картофелеуборочного комбайна КПК-3 «РЯЗАНЕЦ» 25
Лабораторная работа № 5 Гидрооборудование грейферного погрузчика ПГ-0,2А 30
Лабораторная работа № 6 Гидрооборудование объемных гидростатических трансмиссий 37
Лабораторная работа № 7 Основная гидросистема кормоуборочного комбайна «ДОН-680» 42
Лабораторная работа № 8 Пневматическая система разбрасывателя минеральных удобрений «РУМ-8» 49
Рекомендуемая литература 55

Учебное издание

Иванайский Сергей Александрович, Денисов Сергей Владимирович, Киров Юрий Александрович, Мишанин Александр Леонидович

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД
Методические указания для практических занятий

Подписано в печать 23.12.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,50; печ. л. 3,26. Тираж 50. Заказ № 312.
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская обл., пгт. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

ТРИБОТЕХНИКА

Методические указания для лабораторных работ

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2021

УДК 631.371.(075.8)
ББК 40.76Р
Т33

Рекомендовано
учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Т33 Триботехника : методические указания / сост. О. С. Володько, А. П. Быченин. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2021. – 59 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ для студентов, обучающихся по программам бакалавриата инженерных направлений.

В методических указаниях приведены рекомендации для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Триботехника». Приведена методика трибологических испытаний на шариковой и роликовой машинах трения, методика экспресс-анализа качества масла, а также рекомендации по очистке и повторному использованию отработавших масел.

Учебное издание содержит необходимые пояснения, формы проведения занятий, порядок и технику выполнения заданий, краткую справочную информацию и задания для самостоятельной работы.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2021
© Володько О. С., Быченин А. П.,
составление, 2021

Предисловие

Развитие науки и техники в последние десятилетия показало, что надежные и долговечные машины могут быть созданы только при удачном решении теоретических и прикладных задач трения, смазывания и изнашивания, т.е. задач трибологии и триботехники. Создание новых эффективных триботехнических материалов и подбор пар трения тесно связаны с совершенствованием методов испытаний пар трения и измерения их выходных характеристик, а также методов оценки их работоспособности. Экономически и экологически целесообразными являются восстановление трибологических свойств и повторное использование смазочных материалов в технике. В связи с этим управление трением является актуальной технической проблемой и является главной целью трибологии и триботехники. Управление трением – это правильный выбор материалов по трению и износостойкости, рациональное конструирование подвижных сопряжений, оптимизация условий эксплуатации, которые могут существенно продлить срок службы машин при незначительном увеличении их стоимости.

Цель издания – освоение студентами трибологических основ повышения ресурса машин в различных условиях эксплуатации путем изучения взаимодействия поверхностных слоев твердых тел, изменяющихся под действием сил трения и окружающей среды, вопросов создания новых эффективных трибологических материалов и принципов подбора пар трения с целью сознательного управления фрикционным поведением материалов, а также инженерных методов расчета и испытаний трибологических систем.

Методические указания разработаны на основании рабочей программы дисциплины «Триботехника» для студентов и преподавателей направлений подготовки 35.03.06 Агроинженерия и 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов очной и заочной форм обучения.

Лабораторная работа №1.
Виды трибологических испытаний материалов

Цель работы: ознакомиться с видами испытаний и методами определения основных трибологических показателей.

Задания

1. Рассмотреть классификацию видов трибологических испытаний, их цели и задачи.

2. Изучить методы определения основных показателей, характеризующих функционирование трибологической системы.

Содержание отчета

1. Составить схему видов и методов трибологических испытаний пар трения.

2. Изобразить схему и пояснить принцип работы стенда для испытания зубчатых передач.

3. Провести измерение коэффициента трения покоя для различных пар трения и сравнить результаты измерений.

Общие сведения

Контроль и испытание смазочных масел включают следующие этапы:

- лабораторная оценка основных физико-химических показателей масел по методикам ГОСТа (кинематическая вязкость, индекс вязкости, температуры вспышки и застывания, кислотное и щелочное число, содержание механических примесей и воды, моющие свойства, зольность, коррозионность, плотность и другие показатели, характеризующие особенности масел) и оценка трибологических показателей масел в лабораторных условиях на специальных машинах трения (противоизносные, противозадирные, антифрикционные свойства масел);

- стендовые испытания масел с использованием реальных сопряжений при различных нагрузочно-скоростных и температурных режимах;

- эксплуатационные испытания масел в машинах и механизмах при реальных условиях эксплуатации.

Лабораторные методы испытаний масел. Цель испытаний: *определение* физико-химических и трибологических свойств масел

в специальных лабораториях по методикам ГОСТа с использованием специального оборудования и машин трения. Полученные значения сравниваются с паспортными данными конкретного типа и сорта масла. Машины трения имитируют процессы трения в реальных сопряжениях и могут использоваться для сравнения масел по их трибологическим свойствам.

Характерные показатели и параметры процесса трения:

- диаметр пятна изнашивания $Д_и$;
- износ (скорость изнашивания) образцов (линейный, массовый и др.);
- момент схватывания (задира) поверхности трения;
- температура схватывания (задира) поверхности трения;
- коэффициент трения в сопряжении.

Стендовые испытания масел. Цель испытаний: оценка *изменения* физико-химических и трибологических свойств масел при работе в реальных механизмах, сопряжениях или имитирующих их контактах рабочих тел машин трения с обеспечением возможности изменения или сохранения постоянными значений нагрузочных, скоростных, температурных и др. режимов работы (рис. 1.1, 1.2).

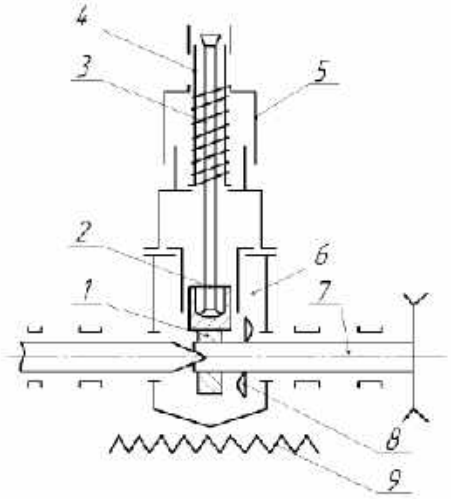


Рис. 1.1. Схема установки для испытания моторных масел:
1 – кулачок; 2 – толкатель; 3 – пружина; 4 – штанга толкателя; 5 – крышка; 6 – камера; 7 – вал; 8 – разбрызгиватель; 9 – нагреватель

Стендовые методы подразделяются на:

- моторные методы испытаний масел (сопряжение «кулачок-толкатель», рис. 1.1);

- испытание зубчатых зацеплений редукторов или трансмиссий (рис. 1.2);

- испытания с использованием шариковых, роликовых и других испытательных установок, обеспечивающих высокую точность, воспроизводимость и повторяемость результатов испытаний (рис. 1.3).

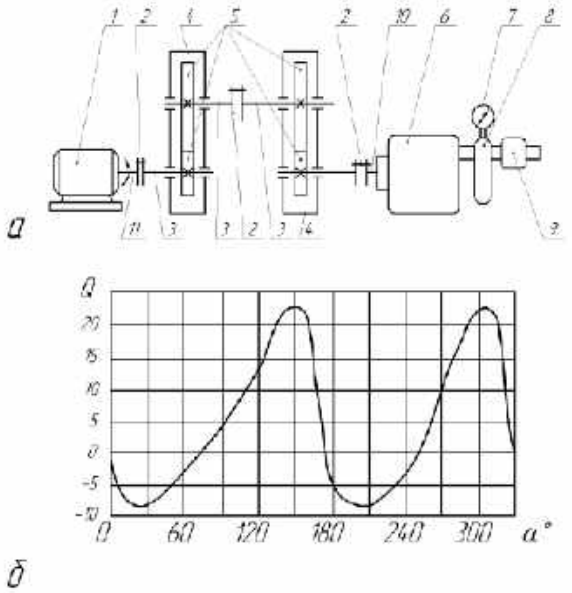


Рис. 1.2. Стенд с переменным нагружением по углу α поворота испытуемых зубчатых передач:
а – схема стенда; б – диаграмма изменения нагрузок;
1 – электродвигатель; 2 – соединительная муфта; 3 – вал; 4 – корпус редуктора; 5 – шестерни; 6 – компрессор; 7 – манометр; 8 – баллон со сжатым воздухом; 9 – пневморедуктор; 10 – вал компрессора; 11 – вал электродвигателя

Эксплуатационные испытания. Цель испытаний: *оценка показателей* работоспособности, стабильности и изменения свойств масел в реальных машинах и механизмах в условиях реальной эксплуатации.

При всех видах испытаний (лабораторных, стендовых и эксплуатационных) важно соблюдать последовательность этапов:

1. Четко поставить цель испытаний.

2. Обосновать методику испытаний и достаточное число контрольных параметров.

3. Выбрать технические средства испытаний и контроля параметров, обеспечивающих поддержание режимов испытания и точность измерения показателей.

4. Обеспечить высокую точность обработки и оптимальный метод анализа результатов испытаний.

Условия и требования к лабораторным испытаниям образцов материалов:

1. Необходимо сохранять подобие:

- сорта испытуемого масла и присадки к нему;
- геометрическое, кинематическое, нагрузочное;
- материалов и термообработки испытуемых образцов.

2. Поверхности трения испытуемых образцов должны быть предварительно приработаны.

3. Точность изготовления испытуемых образцов материалов должна быть выше точности моделируемых деталей не менее чем на два класса.

4. Испытаниям подвергают масла одной поставки для каждого сорта.

5. В процессе проведения испытаний определяют температуру поверхностей трения испытуемых образцов.

6. Исследуют контактные явления, определяющие служебные свойства масел, условия трения и повреждения поверхностей трения испытуемых образцов.

7. Применение ускоренных методов не рекомендуется.

8. Испытания масел и присадок необходимо проводить по стандартизированным методикам.

Структура методики трибологических испытаний масел. Для разработки методики трибологических испытаний масел необходимо правильно выбрать:

- экспериментальные средства для проведения испытания (схема и конструкция испытательной установки, условия нагружения испытуемых образцов);

- испытуемые образцы или объекты исследования (конструкция испытуемых образцов, их точность изготовления, шероховатость поверхностей трения);

- условия проведения испытания (градуировка испытательной установки, режим приработки испытуемых образцов, пределы и градация измеряемых параметров);

- критерий определения окончания испытания (какой-либо из факторов, условно характеризующий окончание испытаний, например, повышенный износ образцов);

- контрольно-измерительные средства (термопары, токосъемные устройства, устройства для измерения износа и момента трения, контрольно-измерительная аппаратура);

- метод обработки результатов экспериментального исследования (графическое изображение непрерывно измеряемых величин износа, коэффициента трения, температур поверхности трения образца и испытуемого масла в объеме, разогреваемом от теплоты трения в контакте образцов).

При проведении серии испытаний (в зависимости от их назначения) необходимо обращать внимание на различные факторы:

- испытуемое масло (сорт масла, вязкость, присадки к маслу, способ подачи масла к месту контакта образцов);

- материал испытуемых образцов (марка материала, термообработка, твердость поверхностей трения);

- кинематические условия в контакте (скорость качения, скорость скольжения и др.);

- характер нагружения при испытании (постоянный, ступенчатый, переменный);

- шероховатость поверхностей трения (до и после испытания);

- масштабное соответствие (геометрические размеры испытуемых образцов, их приведенный радиус кривизны и ширина);

- температурные условия проведения испытания.

Основные факторы, учитываемые при испытании масел. При трибологических испытаниях масел необходимо:

- тщательно градуировать устройства, предназначенные для измерения момента трения, износа образцов, температур;

- при смазывании образцов погружением обеспечивать постоянство объема испытуемого масла;

- обеспечивать наименьшее биение под нагрузкой испытуемых образцов;

- изготавливать образцы из материала одного производства;

- учитывать при измерении износа деформации образцов вследствие нагружения и разогрева в процессе испытания (температурные деформации);

- учитывать и компенсировать смещение «нуля» в процессе испытания на устройстве для измерения момента трения;

- обеспечивать самоустановку под нагрузкой образцов при испытании по схеме «колодка-ролик» и полный контакт по ширине роликов при испытании по схеме «ролик-ролик»;

- при изготовлении испытуемых образцов добиваться по возможности большей точности их геометрических размеров, особенно для сопрягаемых поверхностей.

Особое внимание следует обратить на испытуемые масла и присадки для исключения влияния на результаты испытаний побочных факторов. При испытаниях какого-либо масла или присадки необходимо, чтобы они были изготовлены из одинакового сырья. При испытании опытных присадок или присадок, которые можно отдельно вводить в масла, необходимо учитывать, что время от момента введения присадки в масло до начала испытаний для различных присадок должно быть одинаковое. Каждое испытание нужно проводить на свежем масле и ни в коем случае не использовать масло для повторного испытания.

Особенности испытаний образцов с точечным, линейным и плоскостным, контактами. По ГОСТ 17604-72 «Надежность изделий машиностроения. Метод определения температурной стойкости смазочного масла при трении» определяют температурную стойкость смазочных масел при трении. Суть метода состоит в том, что при ступенчатом повышении температуры масла реализуется трение скольжения под заданной нагрузкой между одним вращающимся шариком и тремя неподвижными (рис. 1.3, а). При этом критическую температуру фиксируют при скачкообразном изменении коэффициента трения.

По стандарту ASTM D 2714-73 (США) служебные свойства масел определяют с помощью испытательной установки, в которой испытуемыми образцами служат вращающийся с частотой $n = 1{,}2\ с^{-1}$ ролик и неподвижная колодка (рис. 1.3, в). Для испытаний используют 200 $см^3$ масла, образцы подвергают воздействию нагрузки 6,8 Н, длительность испытаний соответствует числу оборотов ролика 500.

Установка Олмена-Виланда – машина трения, в которой парой трения является приводимый во вращение стальной валик и прижимаемые в вертикальной плоскости к нему два полувкладыша, помещенные в масляную ванну (рис. 1.3, д). Полувкладыши нагружаются гидросистемой; через каждые 200 оборотов валика нагрузка увеличивается на 5 Н. Частота вращения валика 3,33 $с^{-1}$. В процессе испытания фиксируют нагрузку, при которой происходит заедание или поломка валика, силу трения, температуру масла в ванне и износ пары трения (по изменению зазора между валиком и вкладышами).

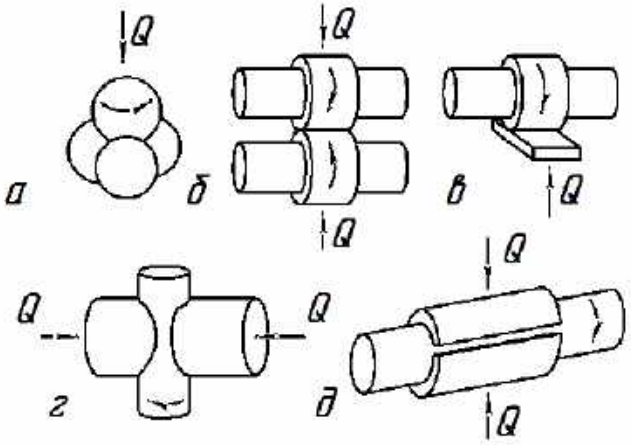


Рис. 1.3. Образцы для лабораторных испытаний масел:
а – «шарик-шарик»; б – «ролик-ролик»; в – «ролик-призматическая колодка»;
г – «вал-две цилиндрические колодки»; д – «вал-два полувкладыша»

Измерение износа испытуемых образцов.

а) Периодические измерения величины износа:

- микрометрическими измерениями;
- по потере массы;
- профилографированием;
- методом искусственных баз;

б) Определение износа в процессе работы испытательной установки:

- по содержанию продуктов изнашивания в отработанном масле;

- с помощью радиоактивных изотопов;
- пневматическим или тензометрическим микрометрированием;
- по расходу рабочей среды между поверхностями трения;
- с помощью рычажных приспособлений и индикаторов;
- с использованием индуктивных датчиков.

Испытания образцов по схеме «колодка-ролик». При проведении испытаний по схеме «колодка-ролик» (рис. 1.3, в, г) нужно учитывать следующие факторы:

- правильное определение температур поверхностей трения и масла, разогреваемых от теплоты трения в контакте испытуемых образцов;
- периодическая градуировка термопар для измерения температур поверхности трения и масла;
- правильное определение и учет температурных деформаций испытуемых образцов, разогреваемых от теплоты трения в контакте, при определении суммарного износа;
- учет нагрузочных деформаций испытуемых образцов и валов, на которых закреплены образцы, при определении суммарного износа;
- правильная компенсация «смещения нуля», например, сигнала, подаваемого на шлейф осциллографа, при определении суммарного износа.

Метод испытаний масел при качении с малым скольжением по схеме «ролик-ролик» (А.с. 637639 (СССР). В качестве оценочного параметра масел принят суммарный износ на этапе приработки при испытании по схеме ролик-ролик (рис. 1.3, б). Испытания проводились на машине СМЦ-2 на роликах из бронзы. Испытуемые ролики сначала проходили приработку (при условии, что ролик, на котором измеряют момент трения, являлся опережающим). После окончания операции приработки проводили серию измерений коэффициента трения. Испытуемые ролики снимали и измеряли их диаметры (изменение диаметров роликов определяет суммарный износ). Далее испытуемые ролики меняли местами и повторно подвергали приработке, при этом ролик, на котором измеряли момент трения, являлся отстающим. После окончания повторной приработки проводили вторую серию измерений коэффициента трения, затем испытуемые ролики снова снимали и повторно измеряли их диаметры для определения износа после повторной приработки. Приработку испытуемых роликов проводили при

контактном давлении p_{max} = 329,2 МПа, суммарной скорости качения v = 5,62 м/с и параметре α = 0,3 %. Процесс приработки считали завершенным, когда величины момента трения, температур поверхности трения и масла стабилизировались.

За показатель износа испытуемых роликов при испытании по схеме «ролик-ролик» принят суммарный износ роликов Δ_{Σ} в процессе двойной приработки, определяемый по формуле:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_{1on} + \Delta_{2om} + \Delta_{1om} + \Delta_{2on}, \qquad (1.1)$$

где Δ_{1on} и Δ_{2om} – износ опережающего и отстающего испытуемых роликов, когда ролик, на котором определяют момент трения, является опережающим;

Δ_{1om} и Δ_{2on} – износ отстающего и опережающего испытуемых роликов, когда ролик, на котором измеряют момент трения, является отстающим.

Факторы, определяющие склонность масел к пленкообразованию. При постоянной нагрузке явлению пленкообразования на поверхностях трения испытуемых образцов предшествуют следующие факторы:

- предварительное изнашивание поверхностей трения с последующим наступлением явления пленкообразования;
- резкое повышение температуры поверхности трения с последующим плавным снижением ее до значений, более низких, чем предшествующие повышению;
- скачкообразное повышение и последующее снижение температуры смазочного масла при практически постоянной температуре поверхности трения.

По истечении некоторого промежутка времени скачкообразные изменения температуры масла прекращаются, что, очевидно, свидетельствует о завершении пленкообразования на поверхности трения.

Анализ, систематизация и обобщение испытаний масел, склонных к образованию пленок на поверхностях трения под нагрузкой, позволили рекомендовать следующее условие, необходимое для протекания явления пленкообразования:

$$\lambda \geq \frac{f(p \cdot v_{ск})^n}{\tau \cdot (\frac{t_р + t_м}{2})^k \cdot H}, \text{ Н}, \qquad (1.2)$$

где λ – коэффициент;

f – коэффициент трения в контакте;

p – удельная нагрузка, Н;

$v_{ск}$ – скорость скольжения, м/с;

τ – время работы при данных условиях до начала явления пленкообразования, с;

$t_р$ и $t_м$ – температура поверхности трения и смазочного масла в момент пленкообразования, °С;

H – характеристика материалов поверхностей трения;

n, k – показатели степени.

Определение коэффициента трения покоя. Порядок определения коэффициента трения покоя на стенде (рис. 1.4)

1. Установить образцы *3* на штифт *2*.

2. Поместить образец *4* между образцами *3* так, чтобы они перекрывали образец *4* по длине на 2/3, а по ширине полностью.

3. Установить на штифт *2* пластину *5* и поместить на нее груз *6*.

4. При помощи динамометра *7* плавно сдвинуть образец *4*, при этом определить максимальное показание динамометра.

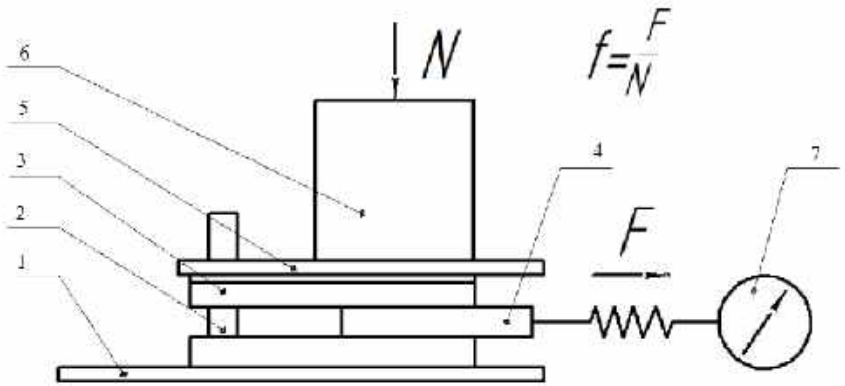


Рис. 1.4. Стенд для определения коэффициента трения покоя:
1 – основание; 2 – штифт; 3, 4 – образцы; 5 – пластина; 6 – груз; 7 – динамометр

По результатам замеров заполнить таблицу 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерения коэффициента трения

Образец	Вес груза N, Н	Сила трения F, Н	Средняя сила трения $F_{ср}$, Н	Коэффициент трения f
		1. 2. 3.		
		1. 2. 3.		
		1. 2. 3.		

По результатам измерений построить столбовую диаграмму зависимости коэффициента трения f от материала образца. Дать сравнительную оценку значений коэффициента трения в зависимости от материала образцов.

Контрольные вопросы

1. В чем заключаются цели и задачи лабораторных, стендовых и эксплуатационных исследований масел?
2. Поясните структуру методики трибологических испытаний.
3. Перечислите основные факторы, учитываемые при испытании масел.
4. В чем заключаются особенности испытаний образцов с точечным, линейным и плоскостным контактами?
5. Перечислите методы измерения износа испытуемых образцов.
6. Поясните особенности испытания образцов по схеме «колодка-ролик».
7. Поясните методику определение износа при качении со скольжением образцов по схеме «ролик-ролик».
8. Назовите факторы, определяющие склонность масел к пленкообразованию.

Лабораторная работа № 2.
Четырехшариковая машина трения МАСТ-1

Цель работы: изучить методы оценки антифрикционных свойств материалов на шариковой машине трения.

Задания

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия машины трения МАСТ-1.
2. Изучить методы измерения износа и определения силы трения.

Содержание отчета

1. Пояснить назначение и дать техническую характеристику машины трения МАСТ-1.
2. Описать процесс тарировки крутильного динамометра.
3. Пояснить зависимость коэффициента трения и диаметра пятна износа от температурных режимов.

Общие сведения

Машина для оценки антифрикционных свойств материалов (МАСТ) предназначена для *определения антифрикционных и противоизносных свойств* смазочных материалов.

На машине можно определять:

- коэффициенты трения металлических и неметаллических материалов;
- критические температуры пленки смазки на металле;
- оценивать величины износа трущихся материалов.

На рисунке 2.1 представлена кинематическая схема машины МАСТ-1. Верхний образец *4* в виде стального шарика диаметром 8 или 12 мм закрепляется в съемной державке, конусный хвостовик которой соединяется со шпинделем *3*. Шпиндель посредством круглоременной передачи *1* приводится во вращение от электродвигателя *2* со скоростью 1200 мин$^{-1}$. Три нижних шарика *5*, зажатых в обойме (по первой схеме трения), или кольцевой образец (по второй схеме трения) укрепляются на дне металлической ванночки *7*, обогреваемой электропечью *6* (ванночка может быть заполнена смазочным материалом в количестве 25 г). Ванночка установлена на шариках и удерживается от поворота сменным упругим

элементом *9*, углы закручивания которого пропорциональны моменту сил трения. Момент сил трения регистрируется стрелкой *8* (с пером) на барабане *11* самописца, приводимого во вращение от электродвигателя *12* со скоростью 1 мин$^{-1}$. Нагрузка осуществляется при помощи рычажной системы *10* с соотношением плеч 1:10.

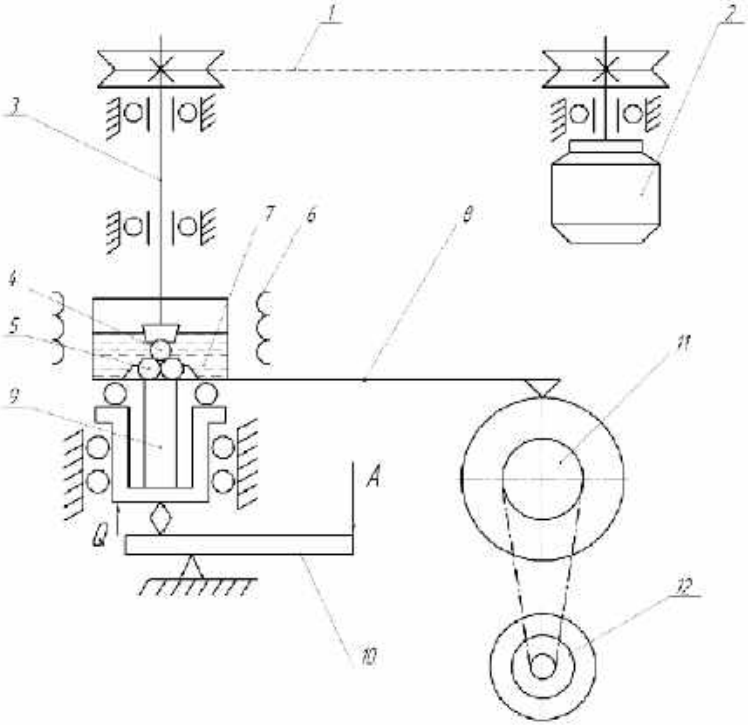


Рис. 2.1. Кинематическая схема машины МАСТ-1

Технические характеристики МАСТ-1:

Испытуемый образец: верхний – стальной шарик d = 8 или 12 мм; нижний – 3 шарика d = 8 мм или плоский образец с кольцевым поясом d=8 мм и шириной 0,2 мм;

Нагрузка на образце, кгс	*до 11*
Погрешность механизма нагружения, %	*±3*
Скорость вращения верхнего образца, мин$^{-1}$	*1200*
Время одного испытания: с нагревом, мин	*20*
без нагрева, мин	*Не ограничено*

Пределы измерительных моментов сил трения, кгс·м	*0,07...4*
Точность замера крутящего момента, %	*± 5*
Мощность электронагревателей, Вт	*500*
Диапазон регулирования температуры, град	*20...40*
Электродвигатели привода верхнего образца	*Тип Д-960*

Подготовка машины к работе:

1. Подготовить электрическую схему к работе, действуя по инструкции, приведенной в руководстве по эксплуатации.

2. Отрегулировать температуру, последовательно совершив действия, приведенные в инструкции.

3. Подготовить образцы и собрать рабочий узел машины, для чего:

- элементы упорного подшипника, детали зажима верхнего и нижнего образцов, масляную ванночку и образцы промыть до полного обезжиривания в авиационном бензине;

- выдержать образцы в течение 1 ч в испытуемом масле;

- установить верхний образец в державке, а три нижних – в зажимной обойме при помощи специального приспособления.

4. Установить державку с верхним образцом в шпинделе машины и закрепить ее.

5. Установить зажимную обойму с нижним образцом в масляной ванночке.

6. Установить нужный упругий элемент, руководствуясь справочными данными из комплекта машины трения.

7. При помощи специального приспособления установить стойку с упорным подшипником так, чтобы головка упругого элемента вошла в прорезь стойки и опустилась до упора.

8. Установить масляную ванночку на соответствующем штифте упора стойки и закрыть ее.

9. Закрепить концы термопары, вставить стрелу самописца в отверстие на стойке и развернуть ее на 90°.

10. Ввести в контакт верхний и нижний образцы, повернуть от руки и опустить вниз до упора.

11. После установки шпинделя в рабочее положение корпус зафиксировать штурвалом от вертикального и горизонтального перемещений.

12. Стрелку самописца установить на ленте в нулевое положение.

13. На стержне нагружающего рычага установить необходимый груз.

Для определения силы трения при работе машины необходимо знать соотношение между углом закручивания упругого элемента и вызывающей его нагрузкой, для чего упругие элементы предварительно тарируют. Тарировку производят при снятии масляной чашки и электропечи. При тарировке на стойке вместо масляной чашки закрепляют специальный тарировочный диск $d = 100$ мм; на диске укрепляют две нити из крученого шелка и перекидывают их через блоки. К свободным концам нитей подвязывается траверса. Если к траверсе приложить груз, плоский упругий элемент повернется на определенный угол; при этом стрелка самописца также отклонится на определенную величину, и на ленте барабана прочертится вертикальная линия. В результате приложения серии различных грузов на ленте барабана самописца запишется тарировочная диаграмма в виде ступенчатой кривой (рис. 2.2).

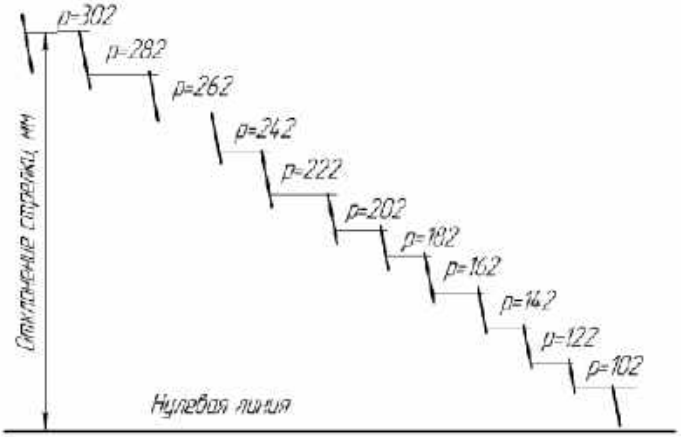


Рис. 2.2. Характерная запись при тарировке торсиона

Коэффициент трения определяется из отношения значения силы трения, полученного при испытаниях величины нормальной нагрузки в контакте шариков. Контактная нагрузка ($P_к$) определяется для четырехшариковой пирамиды выражением $P_к = 0{,}41P_{ос}$ (где $P_{ос}$ – осевая нагрузка, определяемая произведением нагрузки на рычаге машины и величины соотношения плеч рычага).

В случае трения шарика по кольцевому образцу (рис. 2.3), условие равенства моментов от силы трения и нагрузки при тарировке выражается:

$$\frac{F \cdot d}{2} = Q \cdot R, \qquad (2.1)$$

где d – средний диаметр кольцевого пояска, мм.

При диаметре отверстия кольцевого образца 8 мм и ширине пояска $b = 0{,}2$ мм, диаметре шарика $d = 8{,}2$ мм и $R = 500$ мм сила трения $F = 2QR/d = 12{,}2$ кг.

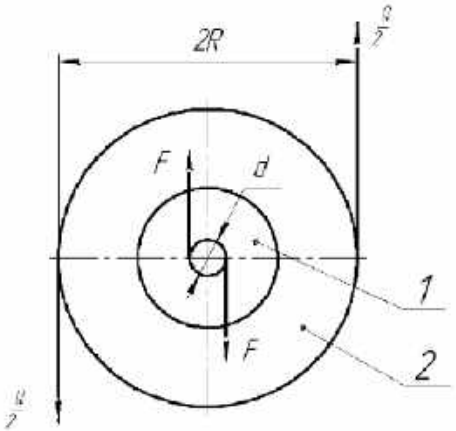


Рис.2.3. Схема действия сил при трении по кольцевому образцу и при тарировке торсиона: 1 – шайба; 2 – тарировочный диск

При данной схеме трения контактная нагрузка на рабочем пояске равна:

$$P_к = P_{cc}(\cos\frac{\varphi}{r}), \qquad (2.2)$$

где $\frac{\varphi}{r}$ – угол наклона между осью вращения и направлением приложения нормальной силы к поверхности трения (рис. 2.4).

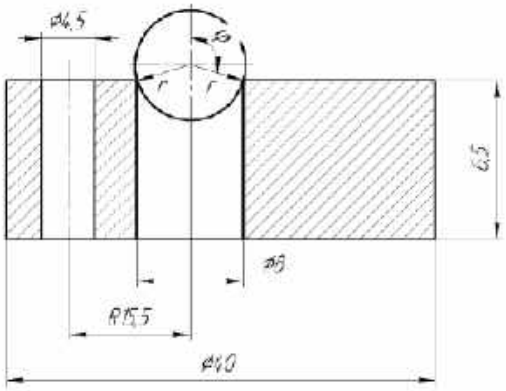


Рис. 2.4. Схема контакта шарика и кольцевого образца

Проверки правильности сборки машины, выбора упругого элемента при данной нагрузке и работы машины в целом проводят испытанием на сухих шариках, тщательно промытых в органических растворителях.

Характерная трибограмма изменения коэффициента трения в течение одноминутного опыта при осевой нагрузке 11 кг (торсион №3) приведена на рисунке 2.5. Для трения хорошо обезжиренных поверхностей стали ШХ6 характерно прерывистое движение со скачкообразным коэффициентом трения.

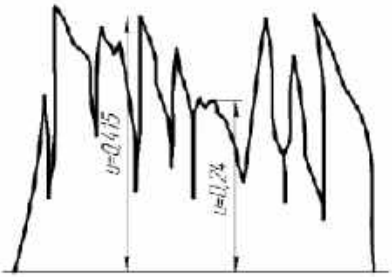


Рис. 2.5. Трибограмма для случая трения стальных закаленных шариков (ШХВ) без смазки: торсион №3, P_{oc} = 11 кгс

Нагрузку для МАСТ-1 следует выбирать в соответствии с выбранной для испытания схемой трения. В случае применения стальных закаленных шариков целесообразно, чтобы на площадках упругого контакта образцов удельные давления были такими

как и на рабочих поверхностях зубьев шестерен, кулачковых механизмов, элементов подшипников качения. Поэтому нагрузка на машине принимается из расчета создания удельного давления около 200 кг/мм^2 (при внешней нагрузке, равной 11 кг, удельное давление на площадке контакта будет равно 211 кг/мм^2).

В случае применения схемы «сфера – кольцевой образец» нагрузка выбирается такой, чтобы обеспечить удельное давление порядка 40…500 кг/см^2. Рабочая поверхность на фаске отверстия кольцевого образца создается двумя способами: на пластичных материалах – методом вдавливания на прессе под нагрузкой стального шарика такого же диаметра, как и верхний вращающийся образец; на малопластичных материалах фаску вытачивают специальным фасонным резцом. После вытачивания рабочий поясок калибруют шариком d = 12,7 мм.

При выборе нагрузки в случае применения образцов из пластических материалов (антифрикционные сплавы, пластмассы) следует учитывать, что при трении стали по пластичным материалам высокие нагрузки могут вызвать пластическую деформацию в контакте образцов, что приведет к искажению результатов опытов.

Испытания температурным методом проводят при постоянной нагрузке и постоянной малой скорости скольжения (за время испытания 60 секунд шарик совершает один оборот). Испытания исследуемого масла проводят при различных объемных температурах масла в каждом одноминутном опыте через интервалы температур 10…15 °С. При испытаниях по схеме трения «сфера – кольцевой образец» опыты во всем диапазоне выбранных температур проводят на одних и тех же образцах. В опытах без смазки необходимо менять образцы после каждого одноминутного испытания ввиду повреждения поверхностей трения.

Износ образцов, образующийся при испытаниях в условиях высоких контактных нагрузок, может быть оценен под микроскопом с винтовым окулярным микрометром. В случае трения четырех шариков измеряют диаметры пятен износа, образующихся на трех нижних шариках, а в случае трения шарика по кольцевому образцу измеряется ширина рабочего кольцевого пояска до и после испытания. Измерение диаметра пятна износа производят в двух диаметрально противоположных направлениях на всех трех

шариках. Среднее арифметическое значение всех измерений принимается за величину диаметра пятна износа в данном испытании. Величину силы трения и ее изменения в процессе испытания находят, обрабатывая записи, полученные на ленте самописца.

На рисунке 2.6 приведены характерные трибограммы изменения коэффициента трения для случая трения шариков из стали ШХ6 в диффузионном масле Д1 с присадкой 0,1 % стеариновой кислоты при различных температурах нагрева от 20 до 190 °С. В этих опытах осевая нагрузка была 11 кг. Разрушение граничного слоя масла произошло при 140 °С, когда возникло прерывистое скольжение и скачки трения.

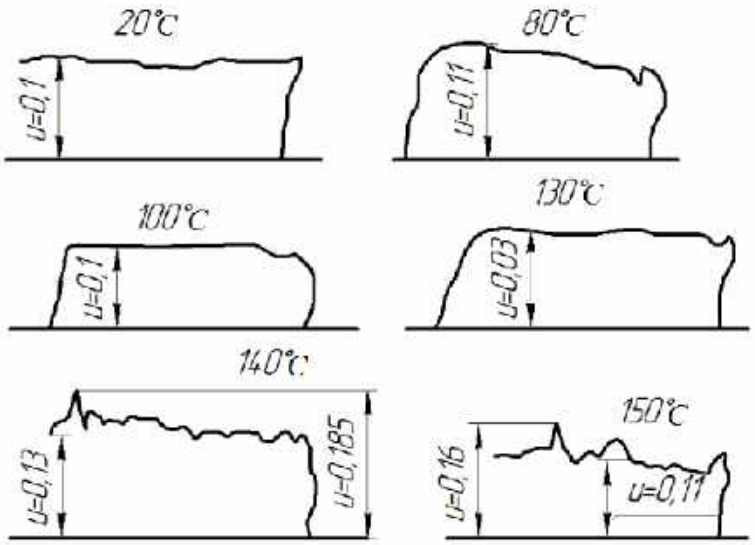


Рис. 2.6. Трибограммы для случая трения стальных шариков при различных температурах и смазке маслом Д1+0,1% стеариновой кислоты

В результате серии опытов получают данные о величине диаметра пятна износа нижних шариков, силы трения и ее изменения в процессе опыта. По этим данным строят результирующие графики зависимости коэффициента трения, диаметра пятна износа от температуры, которые и характеризуют способность граничного слоя масла снижать трение и предохранять от износа (рис. 2.7).

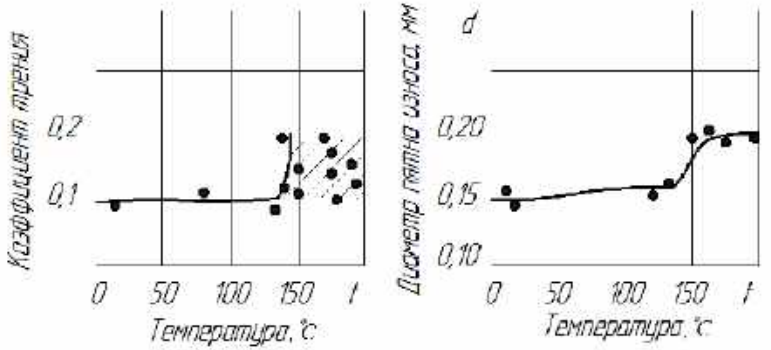


Рис. 2.7. Зависимость коэффициента трения и диаметра пятна износа от температуры при трении стальных шариков и смазке маслом Д1+0,1% стеариновой кислоты

Диаметр пятна износа нижних шариков при работе в диапазоне температур от комнатной до 130°С незначительно возрастает, оставаясь в то же время меньше величины износа, полученного при трении сухих шариков. При температуре 140°С и выше величины износа увеличиваются скачком, достигая значений, характерных для износа сухих шариков. Таким образом, для данного масла температура 140°С является той критической температурой, при которой происходит разрушение слоя масла, возникает металлический контакт и схватывание стальных закаленных поверхностей.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные трибологические параметры, определяемые на шариковой машине трения.
2. Поясните особенности трибологических испытаний по схемам «пирамида шариков» и «сфера-кольцо».
3. Как подготовить машину трения к испытаниям?
4. Что характеризует среднее значение диаметра пятна износа?
5. Как определяется коэффициент трения при испытаниях на шариковой машине трения?
6. Что характеризует трибограмма испытаний?
7. Что означает понятие «критическая температура пленки масла»?
8. Поясните особенности трибологических испытаний полимерных материалов.

Лабораторная работа №3. Роликовые машины трения

Цель работы: изучить методы трибологических испытаний с использованием роликовых машин трения.

Задания

1. Ознакомиться с устройством и принципом действия роликовых машин трения типа СМТ-1, Ш-19, МСЦ-2 и др.

2. Изучить методы оценки изнашивания, момента трения, температуры заедания поверхностей и коэффициента трения при испытаниях на роликовых машинах трения.

Содержание отчета

1. Описать основные этапы подготовки машины трения 2070 СМТ-1 к испытаниям.

2. Пояснить схемы и виды испытания образцов на роликовой машине трения.

3. Пояснить метод замера температуры поверхностей трения при трибологических испытаниях.

Общие сведения

Трибологические испытания масел и присадок предназначены для оценки служебных свойств жидких минеральных и синтетических масел, а также различных типов присадок, вводимых в определенной концентрации в испытуемые масла. Кроме того, трибологические испытания применимы для оценки служебных свойств масел при действии давлений, температур и различных агентов, например фреона, при которых осуществляется работа машины или механизма. Испытания проводят на роликовых машинах по двум схемам: «колодка-ролик» в условиях скольжения; «ролик-ролик» в условиях качения с малым скольжением.

Машина позволяет провести испытания *антифрикционных, противоизносных и противозадирных свойств* смазочных материалов.

По результатам испытаний по схеме «колодка-ролик» строят трибологические характеристики изнашивания материалов при трении – зависимости измеряемых непрерывно в процессе проведения испытаний при ступенчатом нагружении суммарного износа испытуемых образцов, коэффициентов трения и температур поверхности трения образца и испытуемого масла, разогреваемых от выделяющейся при трении теплоты.

По результатам испытаний по схеме «ролик-ролик» строят зависимости вязкости масла от температуры и пьезокоэффициента, вязкости испытуемых масел от контактного давления и суммарной скорости качения, а также определяют суммарный износ испытуемых образцов в процессе проведения испытаний.

Принцип действия машины СМТ-1 заключается в истирании пары образцов, прижатых друг к другу силой Р. В процессе работы на нижнем образце измеряют момент трения. Взаимосвязь всех узлов и механизмов машины представлена на рисунке 3.1.

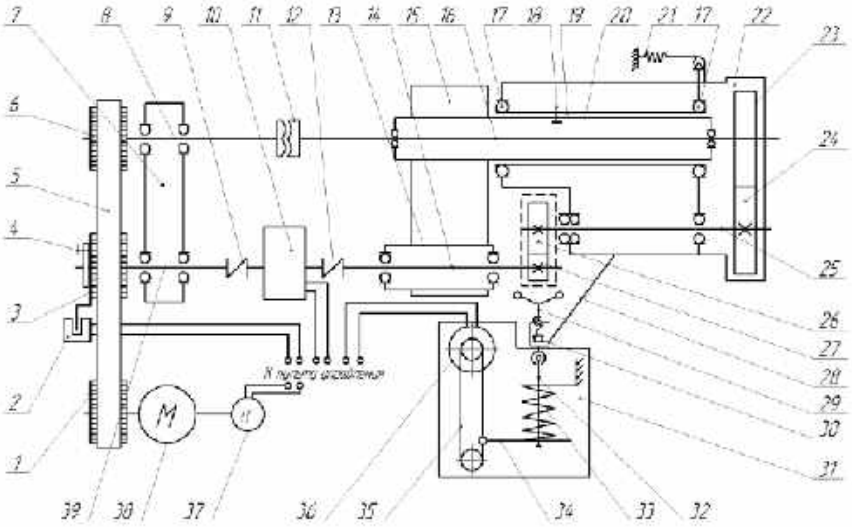


Рис. 3.1. Кинематическая схема машины 2070 СМТ-1:

1 – шкив ременный; 2 – датчик числа циклов; 3 – шкив; 4 – штифт предохранительный; 5 – ремень зубчатый; 6 – шкив сменный; 7 – корпус; 8 – вал; 9 – муфта; 10 – датчик момента; 11 – муфта кулачковая; 12 – муфта; 13 – шпиндель сменный; 14 – вал бабки; 15 – бабка нижнего образца; 16 – вал; 17 – подшипник; 18 – фиксатор; 19 – стакан; 20 – труба; 21 – пружина уравновешивания; 22 – каретка; 23, 24 – шестерня; 25 – вал каретки; 26, 27 – образец; 28 – кронштейн; 29 – ось-винт; 30 – пята; 31 – механизм нагружения; 32 – тяга; 33 – пружина; 34 – планка; 35 – нить; 36 – датчик нагрузки; 37 – датчик скорости; 38 – электродвигатель; 39 – вал

Электродвигатель *38* через зубчатый ремень *5* вращает шкивы *3* и *6*. Шкив *3* через предохранительный штифт *4*, вал *39*, муфту *9*, датчик момента *10*, муфту *12* вращает вал бабки *14*, на котором устанавливают образец *27*. Шкив *6* через вал *8*, кулачковую муфту *11*, вал *16*, шестерни *23* и *24* вращает вал каретки *25*, на котором устанавливают образец *26*. Образцы *26* и *27* прижимаются друг к другу силой пружины *33*. Величину силы нагружения регулируют осью-винтом *29*, который передает нагрузку на образцы через пяту *30*, кронштейн *28* и корпус каретки *22*, возможна передача нагрузки через рычаг испытательной камеры. В процессе работы на машине измеряется момент трения – сигнал поступает с датчика момента *10*; усилие нагрузки на образцы – датчиком нагрузки *36* является прецизионное сопротивление; скорость вращения вала *14* – датчиком скорости *37* является тахогенератор. В процессе работы происходит отсчет числа циклов нижнего образца – датчиком числа циклов *2* служит бесконтактный выключатель. Коэффициент проскальзывания образцов «ролик-ролик» при одинаковом диаметре верхнего и нижнего образцов изменяют, меняя сменный шкив *6*. Диапазон частоты вращения вала нижнего образца изменяют, меняя сменный шкив *1*. Частоту вращения в пределах диапазона изменяют с помощью электродвигателя *38*.

Подготовка машины трения 2070 СМТ-1 к работе. Машина позволяет проводить испытания с различными образцами, нагрузками и частотой вращения образцов, а также коэффициентами трения и проскальзывания. Кроме того, работа может вестись как в камере с различными смазками, так и без камеры. Поэтому в зависимости от поставленной перед испытателем задачей перед испытанием необходимо провести подготовку машины.

Общими операциями до установки образцов являются:

- установка диапазона частоты вращения образцов, которую производят, сменяя шкив на электродвигателе согласно маркировке на шкиве и таблице на крышке;
- установка необходимого шпинделя;
- подключение воды для охлаждения подшипников каретки и шпинделя;
- подготовка к работе электрооборудования.

На рисунке 3.2 приведена кинематическая схема установок Ш19 и Ш19А. Экспериментальные ролики 5 и 6 приводятся во вращение электродвигателем через соответствующие кинематические цепи.

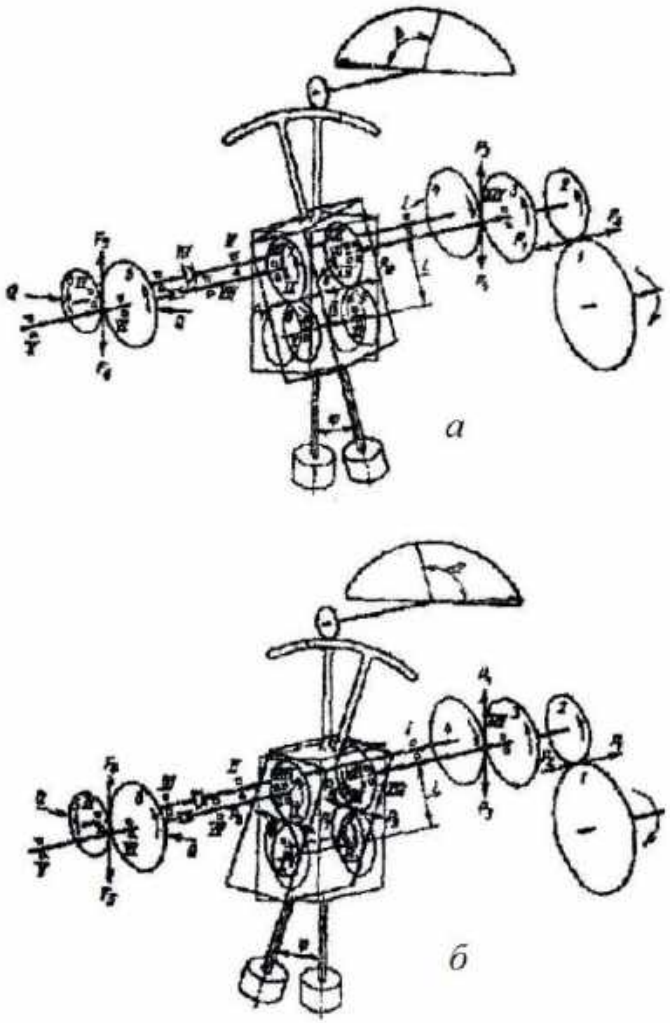


Рис. 3.2. Схемы взаимодействия сил в кинематической цепи установки Ш-19: а – $v_5 > v_6$ (ролик 5 опережающий); б – $v_5 < v_6$ (ролик 5 отстающий); 1...4, 7...10 – зубчатые колеса; 5, 6 – ролик; I...XV – подшипниковые узлы

Ролик *5* получает вращение через зубчатые колеса *1*...*4*, а ролик *6* – через колеса *1*, *2*, *10*...*7*. Если ролик *6* является отстающим,

то сила трения $F_б$ поворачивает корпус вместе с шестернями *7...10* по часовой стрелке на угол φ, а измерительное устройство – против часовой стрелки на угол β. Если ролик *6* – опережающий, то меняется направление силы трения $F_б$ и, соответственно, направление поворота корпуса и измерительного устройства.

В качестве экспериментальных образцов на установках Ш19 и Ш19А для испытаний применяются ролики двух конструкций (рис. 3.3, а, б). Термопара для определения температуры ролика заложена в отверстие, высверленное под углом к поверхности ролика диаметром 80 мм на расстоянии 1 мм от поверхности трения.

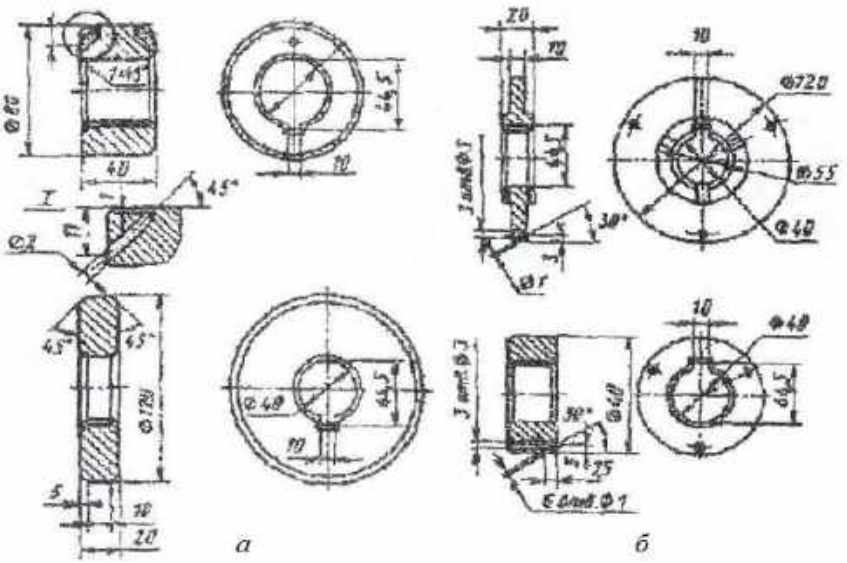


Рис. 3.3. Ролики для испытаний на установках Ш19 (а) и Ш19А (б)

Трибометр СМЦ-2 предназначен для испытания материалов на износ и определение их фрикционных свойств в условиях трения скольжения и трения качения при нормальных температурах для модельных трибосистем, схема которых представлена на рисунке 3.4: «ролик-ролик» (а), «ролик-колодка» (б), «втулка-вал» (в).

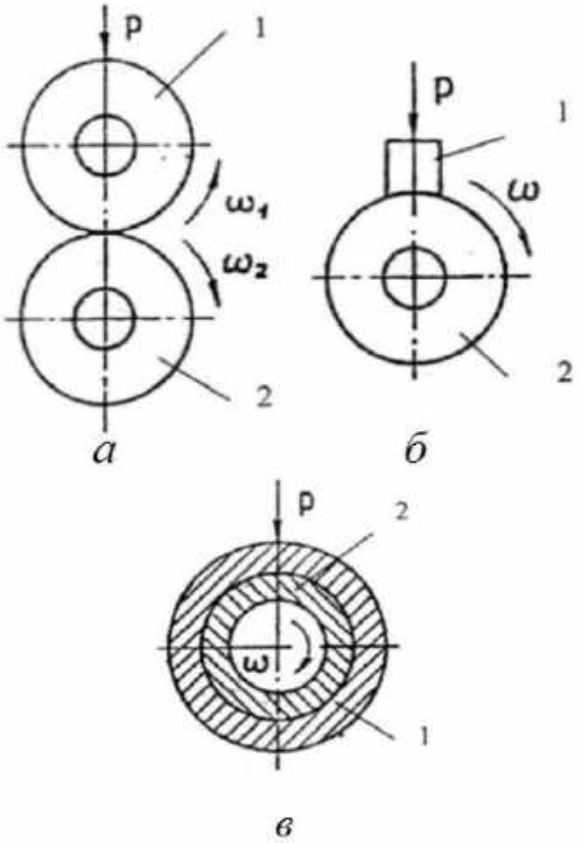


Рис. 3.4. Модельные трибосистемы, реализуемые на трибометре СМЦ-2: 1 – образец; 2 – контртело; а – «ролик-ролик»; б – «ролик-колодка»;в – «вал-втулка»

Пару трения «ролик-ролик» используют для моделирования работы трибосопряжений с линейным контактом элементов, таких как «колесо-рельс» (например, крановые ходовые колёса, перемещающиеся по рельсу) или зубчатое зацепление. При взаимном обкатывании взаимодействующих дисков с некоторым проскальзыванием в зоне их контакта возникают условия нагружения материала, соответствующие нагружению материала зубчатого колеса в какой-либо точке линии контакта (зацепления).

Пара трения «ролик-колодка» используется для моделирования работы трибосопряжений сухого и граничного трения (тормозные колодки и др.). При использовании модельной трибосистемы «втулка-вал» возможно исследование гидродинамической опоры трения.

Трибометр укомплектован приспособлениями для тарировки его силовых систем, а также для проведения испытаний элементов модельных трибосистем «диск-диск» и «диск-колодка» в жидких средах предусмотрено использование специальных камер.

Технические данные трибометра СМЦ-2:

1.	Частота вращения вала контртела, мин$^{-1}$	*300, 500, 1000*
2.	Коэффициент проскальзывания круглых образцов с одинаковыми диаметрами, %	*0, 10, 15, 20*
3.	Максимальный момент трения, Н·м	*15*
4.	Диапазон изменения момента трения, Н·м	*1,5...15*
5.	Диапазон измерения нагрузки, Н	
	диск-диск, диск-колодка	*200...2000*
	вал-втулка	*500...5000*
6.	Потребляемая мощность, кВт	*2,2*
7.	Предел допускаемой погрешности коэффициента проскальзывания	*±5%*
8.	Предел допускаемой погрешности оборотов контртела от измеряемой величины	*±10%*

Кинематическая схема трибометра представлена на рисунке 3.5. Привод вращения образца *8* и контртела *9* осуществляется от электродвигателя *1* посредством клиноременной передачи *2* и шестерен *3*. Клиноременная передача со сменными шкивами, позволяет проводить испытания при малых нагрузках на образец.

В каретке *5*, поворачивающейся вокруг оси вала *4*, расположены сменные шестерни *6*, работающие в масляной ванне, для привода образца *8*. Передаточное отношение этих шестерен определяет степень проскальзывания образца и контртела при испытаниях на трение качения с проскальзыванием.

Для проведения исследований работоспособности трибосистемы в жидких средах трибометр оснащен специальной камерой.

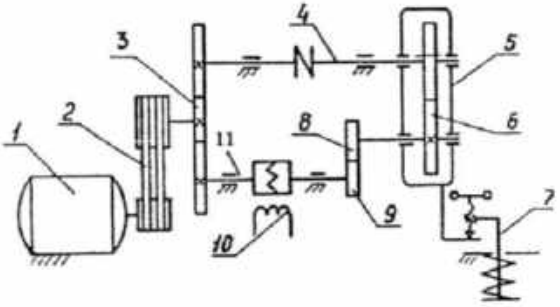


Рис. 3.5. Кинематическая схема трибометра СМЦ-2:
1 – электродвигатель; 2 – клиноременная передача со сменными шкивами;
3 – шестерни привода образца и контртела; 4 – промежуточный вал;
5 – каретка; 6 – сменные шестерни привода образца;
7 – нагружающее устройство; 8 – образец; 9 – контртело;
10 – индукционный датчик момента трения; 11 – торсион

Момент трения измеряется бесконтактным индуктивным датчиком *10* по скручиванию торсионного вала *11*, на котором закреплено контртело *9*. Регистрацию момента трения производят самопишущим потенциометром типа КСП-2. Каретка консольно крепится в бабе нижнего образца. Каретка может быть снята с машины для установки и работы с камерой для образцов «вал-втулка».

Для измерения температуры поверхностей трения применен метод скользящей термопары (рис. 3.6).

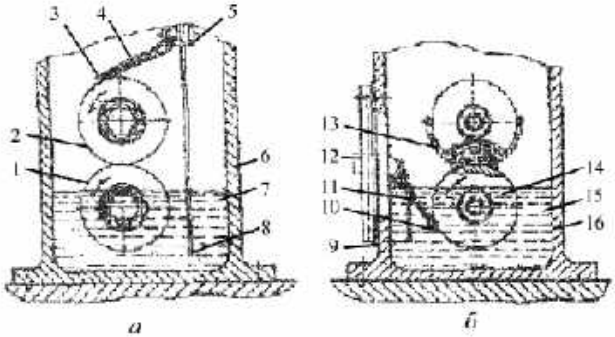


Рис. 3.6. Схема измерения температур поверхности трения и испытуемого масла при испытаниях по схеме:
а – «ролик-ролик»; б – «колодка-ролик»

Спай двух хромель-копелевых термопар *3* или *10* тонкой стальной пластиной *4* или *11*, укрепленной на трубках *5* или *12*, прижат с небольшим усилием к поверхностям трения верхнего ролика *2* (или нижнего *14*), контактирующего с нижним роликом *1* (или с колодкой *13*). Спай двух других термопар *8* или *9* опущен в испытуемое масло *7* (или *15*), залитое в камеру *6* (или *16*). При испытаниях используются четыре термопары, которые вводятся в трубку, вставленную в отверстие камеры; далее две термопары (одну с ролика, другую из испытуемого масла) подсоединяются к потенциометру, а две другие – к высокочувствительным шлейфам осциллографа. Такая схема синхронного измерения и записи на потенциометре и осциллографе позволяет фиксировать температуру поверхности трения ролика и масла, разогреваемого при постоянном объеме масла только за счет теплоты трения, выделяющейся в контакте роликов при их нагружении. С помощью потенциометра определяются температуры поверхности трения и масла, а с помощью осциллографа – изменение их в процессе проведения исследования.

Для измерения момента трения в машине 2070 СМТ-1 служит бесконтактный индуктивный датчик, состоящий из вращающегося ротора и неподвижного статора. Основной частью ротора является торсион, который с помощью муфт включается в силовую цепь машины, где измеряется крутящий момент, возникающий при испытании образцов.

В машинах Ш19 и Ш19А момент трения измеряется при помощи маятникового динамометра при аналогичных условиях для опережающего и отстающего ролика.

На установке СМЦ 2 моменты трения измеряются с помощью индуктивного датчика. Коэффициент трения определяется по формуле:

$$f = 0{,}5(M_{т.оп.} + M_{т.от.})/(QR), \qquad (3.1)$$

где $M_{т.оп.}$ и $M_{т.от.}$ – моменты трения, измеренные соответственно на опережающем и отстающем ролике, Нм;

Q – нагрузка на ролик, Н;

R – радиус ролика, на котором измеряли момент трения, м.

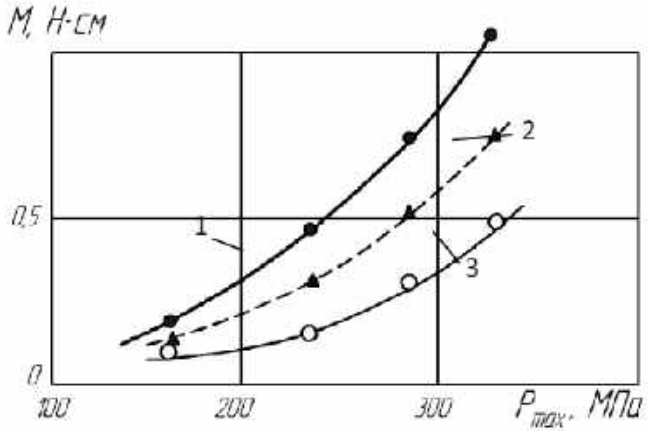


Рис. 3.7. Зависимость момента трения M от контактного давления:
1 – для опережающего ролика; 2 – для отстающего ролика;
3 – кривая средних арифметических значений момента трения

Моменты трения $M_{m.on.}$ и $M_{m.om.}$ определяли как среднее арифметическое трех последовательно измеренных значений моментов трения при ступенчатом уменьшении нагрузки. На рисунке 3.7 приведена зависимость момента трения от контактного давления для опережающего и отстающего роликов, и кривая среднеарифметических значений момента трения, полученных для роликов из бронзы при смазывании минеральным маслом ХФ12-18.

Контрольные вопросы

1. Поясните назначение трибологических испытаний масел на роликовых машинах трения.
2. Поясните особенности трибологических испытаний по схемам «колодка-ролик», «ролик-ролик», «вал-втулка».
3. В чем заключаются особенности кинематической схемы установки Ш-19?
4. Поясните особенности кинематической схемы машины трения СМЦ-2.
5. Поясните особенности кинематической схемы машины трения СМТ-1.
6. Перечислите способы измерения момента трения на роликовых машинах при проведении трибологических испытаний.
7. В чем проявляется влияние нагрузки и скорости на изменение момента трения образцов?
8. Перечислите методы определения коэффициента трения при испытаниях образцов на роликовых машинах трения.

Лабораторная работа № 4. Оценка трибологических свойств масел на машине трения 2070 СМТ-1

Цель работы: усвоить методику испытания на время до задира на роликовой машине трения 2070 СМТ-1.

Задания

1. Ознакомиться с методикой проведения исследования на машине трения 2070 СМТ-1 по оценке трибологических свойств масел.
2. Провести испытания на машине трения 2070 СМТ-1 и дать анализ трех сортов масел по времени до предзадирного состояния.

Содержание отчета

1. Описать методику испытаний масел по времени до предзадирного состояния.
2. Заполнить протокол испытаний.
3. Провести анализ исследования.

Общие сведения

Для проведения опыта требуются следующие приборы, инструменты и материалы: машина трения 2070 СМТ-1, секундомер, три сорта масел, растворитель (бензин Калоша), пипетка, обтирочный материал.

Роликовая машина трения 2070 СМТ-1 снабжена сменными шестернями, позволяющими изменять скорость скольжения в контакте роликов. При испытаниях были выбраны шестерни, обеспечивающие 15% проскальзывания, что позволило иметь соотношение скорости скольжения и суммарной скорости качения в контакте роликов, равное 0,25 при частоте вращения нижнего ролика 1000 мин$^{-1}$. Нагрузки в контакте роликов 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 Н поддерживаются постоянными в течение опытов. Испытания проводятся на роликах, изготовленных из стали 25ХГТ одной партии. Рабочие поверхности роликов цементируются на глубину 1,5 мм и закаливаются до твердости HRC 58...62. Диаметр верхнего ролика – 35 мм, ширина – 9 мм, диаметр нижнего ролика – 50 мм, ширина – 10 мм. Различие в ширине роликов используется для установки скользящей термопары с целью контроля температурного режима в зоне контакта.

Приработка роликов проводится по специальной методике. Нижний ролик погружается в масляную ванну, машина трения

запускается и ролики нагружаются. На масштабной ленте фиксируются температура в контакте и момент трения между роликами.

При стабилизации контролируемых величин нагрузка увеличивается на 200 Н, а частота вращения на 100 мин$^{-1}$, начиная с 200 Н и 100 мин$^{-1}$ и заканчивая 2000 Н и 1000 мин$^{-1}$. После достижения максимальных значений нагрузки и частоты вращения проводится их постепенное снижение в том же порядке. Приработка не должна превышать 30 минут. После приработки ролики с машины трения снимаются только при противоизносных испытаниях. Подготовка к опытам заключается в промывке роликов бензином либо растворителем и сушке.

Испытания масла проводятся по специальным методикам, которые позволяют:

- определить влияние качества масла на величину момента трения и время до предзадирного состояния роликов;
- определить скорость изнашивания роликов при разных уровнях загрязнения масла абразивными примесями.

Для оценки момента трения и времени до предзадирного состояния используется метод дозированного введения масла в объеме 2 мм^3 в зону контакта. Испытуемое масло наносится с помощью пипетки на поверхность трения нижнего ролика при частоте вращения 60 мин$^{-1}$. Затем верхний ролик приводится в контакт с нижним и устанавливается частота вращения 300 мин$^{-1}$ без приложения нагрузки для равномерного нанесения масла по рабочим поверхностям роликов. Основной этап включает установку требуемой нагрузки и частоты вращения, запись на масштабной ленте момента трения и температуры. Время предзадирного состояния фиксируется по резкому повышению момента трения между роликами.

При износных испытаниях смазка осуществляется погружением нижнего ролика на глубину 5 мм в масляную ванну объемом 170 мм^3. Продолжительность испытаний составляет 1 час при нагрузке 2000 Н и частоте вращения 1000 мин$^{-1}$ с предварительной приработкой в течение 15 минут с постепенным повышением нагрузки. Подготовка к испытаниям включает промывку роликов, сушку до постоянной массы, взвешивание и установку на машину трения. После испытаний ролики тщательно промываются, просушиваются и повторно взвешиваются на аналитических весах ВЛА-200М с точностью до 0,2 мг.

Скорость изнашивания роликов U определяется по формуле:

$$U = \frac{Q}{0{,}1S \cdot t \cdot \rho}, \text{ г/ч}, \qquad (4.1)$$

где: Q – массовый износ роликов, г;

S – площадь поверхности трения, см^2;

t – время испытаний, ч;

ρ – плотность материала роликов, г/см^3.

Для оценки влияния абразивных примесей применяется кварцевая пыль с удельной поверхностью 10500 см^2/г по ГОСТ 8002-2020 «Двигатели внутреннего сгорания. Воздухоочистители. Методы стендовых безмоторных испытаний». Для определения противоизносных свойств масел приготавливаются экспериментальные навески масла объемом 500 мл с содержанием абразивных частиц 0; 0,5; 0,10; 0,15; 0,20 и 0,25 %, что осуществляется по стандартным методикам в лабораторных условиях. Необходимая масса абразивной пыли (m_a, г) для приготовления навески масла при малых уровнях загрязнения определяется по формуле:

$$m_a = 0{,}01(\gamma_a - \gamma_{a0}) \cdot V_H \cdot \rho_M, \text{ г}, \qquad (6.2)$$

где γ_a – необходимое содержание абразивных примесей в масле, %;

γ_{a0} – содержание абразивных примесей в свежем масле, %;

V_H – объем экспериментальной навески масла, мм^3;

ρ_M – плотность масла, г/мм^3.

С целью равномерного распределения абразивных примесей экспериментальная навеска масла разогревается до температуры 70...80 °С и перемешивается в течение 1 часа.

Результаты испытания проб масел.

Таблица 4.1

Протокол испытаний

Нагрузка, Н = _____; Частота вращения, мин$^{-1}$ = _____;

Сорт масла: 1 – _____; 2 – _____; 3 – _____.

Масло	1	2	3
Время до задира, с			
Момент трения, Н·м			

После испытания необходимо провести анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Поясните структуру методики испытаний масел на машине трения 2070 СМТ-1.
2. Какие существуют возможности для изменения условий испытаний на машине трения 2070 СМТ-1?
3. Поясните серповидную форму изменения момента трения на масштабной ленте при разных видах испытаний.
4. В чем заключаются особенности подготовки роликов к испытаниям?

Лабораторная работа № 5. Оценка трибологических свойств масел на машине трения МАСТ-1

Цель работы: оценить трибологические свойства масел на шариковой машине трения МАСТ-1.

Задания

1. Ознакомиться с методикой исследования.
2. Оценить трибологические свойства масел на шариковой машине трения МАСТ-1.
3. Провести испытания на машине трения МАСТ-1 и дать анализ масел по пятну износа.

Содержание отчета

1. Описать методику испытаний.
2. Заполнить протокол испытаний.
3. Провести анализ исследования.

Общие сведения

Противоизносные свойства экспериментальных проб масел оцениваются по диаметру пятна износа нижних шариков на четырехшариковой машине трения МАСТ-1 при соблюдении соответствия удельных давлений в контакте шариков и температуры масла в объеме.

Для проведения опыта требуются следующие приборы, инструменты и материалы: машина трения типа МАСТ-1, микроскоп

с окуляр-микрометром, два сорта масла, бензин или растворитель, обтирочный материал.

Подготовка к опыту состоит в промывании шариков и всех контактирующих с маслом деталей узла трения бензином или растворителем, высушивании, тщательном перемешивании и подогреве масла в сушильном шкафу до температуры 75 °С. Затем масло перемещается в узел трения. Осевая нагрузка во время опыта устанавливается постоянной (50...500 Н), частота вращения верхнего шарика 1500 мин$^{-1}$, продолжительность опыта 20 мин. Температура масла во время опыта поддерживается на уровне 75±2 °С специальным подогревающим устройством машины трения и контролируется с помощью хромель-копелевой термопары и электронного потенциометра типа ЭВП2-11А.

Измерение диаметра пятна износа проводится при помощи микроскопа с окуляр-микрометром в двух перпендикулярных направлениях на каждом из трех нижних шариков. Обойма с шариками устанавливается на столике, который крепится под углом 35°16', что обеспечивает нормальное расположение площадки износа по отношениям к оптической оси микроскопа. Опыты проводятся с трехкратной повторностью, обеспечивающей получение надежною результата.

Таблица 5.1

Результаты испытания проб масел

Протокол испытаний:

Нагрузка, Н = _____; Частота вращения, мин$^{-1}$ = _____;

Сорт масла: 1 – _____; 2 – _____.

Масло	1	2
Диаметр пятна износа ($Д_и$), мм	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Среднее значение $Д_и$, мм		

Анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Поясните структуру методики испытаний масел на машине трения МАСТ-1.
2. Для чего обойма с шариками устанавливается под углом 35°16'?
3. Сформулируйте любую другую методику испытаний на машине трения типа МАСТ-1 с учетом моделируемой пары трения.
4. Поясните особенности метода изменения осевой нагрузки.

Лабораторная работа № 6. Экспресс-анализ свойств новых и отработанных масел

Цель работы: изучить метод экспресс-оценки основных физико-химических свойств масел в полевых условиях.

Задания

1. Ознакомиться с приборами и методиками испытаний для проведения экспресс анализа масла (лаборатория «Экспресс-ВИИТиН»).

2. Провести испытания и дать анализ показателей различных масел.

Содержание отчета

1. Перечислить приборы экспресс-анализа и кратко изложить правила их использования.

2. Заполнить протокол испытаний и провести анализ результатов оценки свойств масел.

Основные сведения

Контроль вязкости масла. Методика заключается в сравнении скоростей течения проверяемого масла по измерительному каналу (желобку) и качения шарика в стеклянной трубке с эталонным маслом.

Для проверки вязкости масла необходимо выполнить следующие операции:

- вывести шарик в эталонном элементе в исходное положение, поставив вискозиметр в вертикальное положение надписью «стоп» вверх. При этом шарик должен занять стартовое положение у пробки-заглушки стеклянной трубки;

- положить вискозиметр на горизонтальную поверхность и залить в овальную емкость корпуса проверяемое масло до такого уровня, чтобы оно начало переливаться в емкость для сбора излишков. Не допускается попадание масла в прорезь, соединяющую желобок с овальной емкостью;

- выдержать вискозиметр с залитым в него маслом 4…5 минут; если масло было горячим или же принесено с мороза, то выдержку продлить до 8…10 минут;

- плавно (двумя руками) перевести вискозиметр в наклонное положение так, чтобы его скошенная часть разместилась строго в горизонтальной плоскости на поверхности лабораторного стола.

Наблюдать за перемещением шарика в эталонной стеклянной трубке и течением проверяемого масла по измерительной канавке (желобку);

- когда шарик в трубке или масло в канавке достигнет линии «стоп», плавно вернуть вискозиметр в горизонтальное положение.

По шкале вискозиметра определить вязкость проверяемого масла (рис. 6.1).

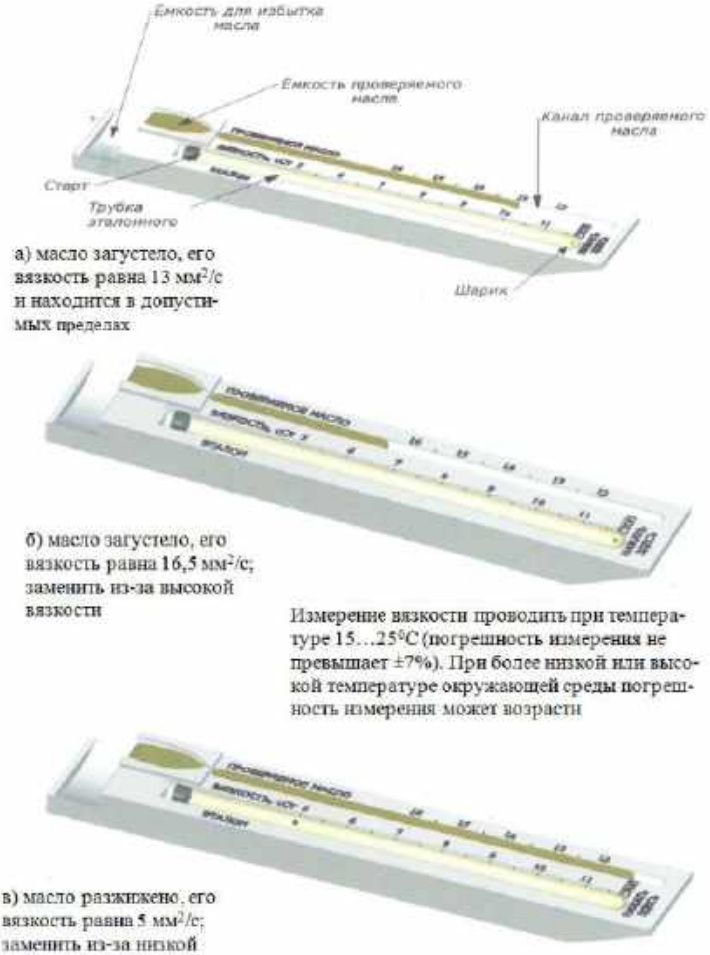


Рис. 6.1. Вискозиметр

При использовании вискозиметра руководствуются следующим правилом:

- если первым линии «стоп» достигло масло в канавке, то вязкость определяют по шкале эталонной стеклянной трубки;

- если первым линии «стоп» достиг шарик, то вязкость определяют по шкале измерительной канавки;

- численное значение вязкости соответствует числу, указанному на шкале, против которого находится отставший шарик или отставшее масло;

- после каждого измерения тщательно промыть вискозиметр в бензине или керосине и протереть мягкой ветошью. Следить за чистотой прорези.

Внимание! Перед первым в течение дня измерением необходимо промыть вискозиметр бензином или керосином и протереть ветошью. Во избежание ошибки измерение проводить не менее двух раз. Измерение вязкости проводить при температуре 15…25 °С (погрешность измерения не превышает ±7 %). При более низкой или высокой температуре окружающей среды погрешность может возрасти.

Контроль загрязненности масла. Порядок действий:

- поместить лист фильтровальной бумаги между пластинками планшета-рамки и собрать его, установив на ножки;

- опустить конец стеклянного (или металлического) стержня в стаканчик с проверяемым маслом, поднять стержень и выждать, пока капли будут стекать с него с интервалом в 3…4 секунды. Затем нанести с высоты 5…10 мм одну каплю масла на фильтровальную бумагу через круговую прорезь планшета-рамки;

- установить под круговой прорезью планшета-рамки с нанесенной каплей электронагревательный элемент, разместив его на подставке, включить в электросеть напряжением 220 В;

- после прогрева масляного пятна в течение 10 мин, выключить электронагреватель и сравнить хроматограмму масляного пятна с образцами эталонов загрязненности по фотографии; найти близкое по внешнему виду (цвету и плотности пятна) изображение, записать значение загрязненности, соответствующее выбранному изображению (табл. 6.1).

Определение загрязненности по данной методике используется только для работающих и работавших масел, их смесей с другими маслами. Нужно иметь в виду, что для масел, использованных в двигателях, характерно насыщение их углеродистыми

частицами (сажей), асфальто-смолистыми соединениями, которые придают масляному пятну черно-серый цвет с блестящим слоем. Для масел, использованных в других узлах и агрегатах, внешний вид пятна износа будет отличаться от приведенного.

Таблица 6.1

Эталоны масляных пятен
для оценки загрязненности моторного масла

Описание внешнего вида пятна оцениваемого масла	Внешний вид эталона	Содержание механических примесей, %
Светлое желтоватое пятно		0,00-0,01
Светлое желтоватое пятно со слабо выраженной окантовкой ядра		0,01-0,05
Желтовато-серое пятно с явно выраженной более темной окантовкой ядра		0,05-0,10
Серое пятно с резко выраженной темной окантовкой ядра		0,10-0,30
Темно-серое пятно, ограниченное черной окантовкой		0,30-0,80
Сплошное черное пятно с блестящим слоем в центре или по всей поверхности пятна		0,8 и более

Оценка диспергирующе-стабилизирующих свойств (ДСС) моторного масла. Диспергирующе-стабилизирующие свойства моторного масла обусловлены действием присадки, которая препятствует укрупнению частиц загрязнений, выпадению их в осадок, образованию отложений в каналах и на деталях двигателя, уменьшает нагаро- и лакообразование.

Постепенное срабатывание присадки и ухудшение ДСС масла заметно проявляется в изменении внешнего вида масляного пятна. Это позволяет одновременно с оценкой загрязненности методом капельной пробы выявить и ДСС проверяемого масла. С этой целью хроматограмму масляного пятна сравнивают с образцами пробы, приведенными на фотографии (рис. 6.2) или специальном планшете.

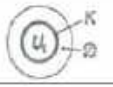
	масло очень хорошее		*масло хорошее*		
					
Б	1	2	3	4	5
Ц	светло-серый-белый	светло-серый-белый	серый	темно-серый	черный
К	серый	серый-темно-серый	темно-серый	темно-серый-черный	черный
Д	светло-серый	серый	серый-темно-серый	темно-серый	темно-серый-черный
	Внимание!		***масло плохое***		***схема***
					
	запас присадки недостаточен		присадка сработалась		
Б	6	7	8	9	**Б** – число баллов
Ц	черный, отдельные блестящие места	черный, слабо блестящий	густо-черный, блестящий	густо-черный, сильно блестящий	**Ц** – центр пятна
К	черный	черный	черный	черный	**К** – зона кромки
Д	темно-серый-черный	темно-серый-черный	темно-серый-черный	отсутствует	Д – зона диффузии

Рис. 6.2. Шкала образцов капельной пробы
(для оценки диспергирующе-стабилизирующих свойств моторных масел)

Черный цвет центра масляного пятна и появление блестящего слоя загрязнений указывают на то, что ДСС масла исчерпаны и в двигателе интенсивно идут процессы нагаро- и лакообразования.

Хорошее по ДСС масло соответствует эталонам с оценкой в баллах от 1 до 5. Очень плохое масло по ДСС с оценкой в баллах 8…9.

На фильтровальной бумаге масло неудовлетворительное по ДСС оставляет, как правило, мажущееся, плохо высыхающее черное или черно-блестящее пятно без зоны диффузии мелких частиц. Такое масло должно быть немедленно заменено.

Контроль щелочного числа моторного масла. В процессе использования масла в двигателе в нем накапливаются кислые продукты окисления углеводородной основы и сгорания топлива. Антиокислительные присадки в маслах нейтрализуют действие этих кислых продуктов и за счет этого обеспечивают снижение износа деталей, предотвращают загрязнение масла продуктами окислительной полимеризации углеводородов и связанные с этим закоксовывание поршневых колец, забивание каналов и дренажных отверстий. Показателем противоокислительных (нейтрализующих) свойств моторных масел с присадками является щелочность масла (щелочное число – Щч). Для обеспечения нормальной эксплуатации щелочное число свежего масла должно быть не менее: для среднефорсированных двигателей – 3,5...4,0; для высокофорсированных – 6,0…6,5 мг КОН/г. В процессе использования щелочное число масла уменьшается и при его снижении до определенного уровня масло должно быть заменено. Этот уровень для высокофорсированных двигателей установлен равным 2,5 мг КОН/г, для среднефорсированных – 1,5 мг КОН/г.

Порядок контроля щелочного числа следующий:

- взять из комплекта стеклянный пузырек и заполнить его на половину объема дистиллированной водой;

- взять одну полоску желтой индикаторной бумаги, свернуть ее и поместить в пузырек с дистиллированной водой;

- взять мерную пробирку, налить в нее 2 $см^3$ (мл) растворителя, затем растворитель перелить в стеклянный пузырек с водой и индикаторной бумагой;

- взять стеклянную палочку, опустить ее в проверяемое масло и, подняв палочку, выждать, пока капли начнут падать с интервалом в 3…4 секунды. Одну-две капли масла добавить в стеклянный пузырек;

- закрыть стеклянный пузырек пробкой и тщательно взболтать, дать отстояться в течение 3…5 минут. Изменение окраски раствора в пузырьке хорошо заметно;

- по изменению цвета раствора в пузырьке определить щелочное число проверяемого масла, сравнив его с цветовыми эталонами в данной инструкции:

Желтый цвет раствора – менее 1,5 мг КОН/г;

Зеленый цвет раствора – от 1,7 до 2,5 мг КОН/г;

Синий цвет раствора – более 3 мг КОН/г;

- после определения щелочного числа масла стеклянный пузырек необходимо промыть спиртом, толуолом или бензином (керосином или чистым дизельным топливом и протереть ватным или марлевым тампоном).

Внимание! Категорически запрещается промывать стеклянный пузырек водой или водными растворами моющих средств, так как это при последующем его использовании обязательно приведет к ошибке в определении щелочного числа масла.

Контроль наличия воды в масле. В работающем моторном масле почти всегда содержится вода. В масло вода попадает в виде паров, содержащихся в воздухе при вентиляции картера, а также из-за нарушения герметичности уплотнительных устройств в блок-картере двигателя. При работе двигателя вода частично испаряется из масла и, как правило, содержится в нем в виде мелкодиспергированных глобул, которые очень трудно отделить при отстое. Масло необходимо заменить, если содержание воды превышает 0,3 %.

Порядок контроля наличия воды в масле следующий:

- вставить рабочий элемент (медную пластинку) в электронагревательный элемент и установить элемент на специальную подставку;

- включить электронагревательный элемент в электросеть напряжением 220 В. Рабочий элемент (медную пластинку) разогревать в течение 4…5 мин;

- пробу проверяемого масла тщательно перемешать стеклянной палочкой и затем нанести 2…3 капли масла на разогретую медную пластинку.

Вместо нанесения капель допускается погружать разогретую медную пластинку в масло на глубину 2…3 см.

При наличии воды в масле отмечается характерное потрескивание или вскипание капель масла на пластинке.

Если слышится непрерывный сильный треск, то содержание воды превышает 0,25 %. При слабом шипении и редком потрескивании с интервалом в 2…3 секунды содержание воды в масле составляет от 0,08 до 0,2 %. Слабое шипение, образование мельчайших пузырьков свидетельствует о незначительном содержании воды в масле – от 0,02 до 0,05 %;

- выключить электронагревательный элемент, дать ему остынуть и удалить остатки масла с медной пластинки.

Уложить элементы в разобранном виде и подставку в отведенные для них места.

Запрещается включать электронагревательный элемент в непосредственной близости от легковоспламеняющихся жидкостей и прочих огнеопасных предметов.

Решение по результатам экспресс-анализа. Анализ качества масла целесообразно проводить при каждом ТО-1 трактора, комбайна, автомобиля. Принятие правильного решения облегчается, если ведется систематический контроль качества масла в двигателе, а результаты оформляются в журнале наблюдений. Форма такого журнала приведена в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Журнал наблюдений

Машина (трактор, комбайн, автомобиль) №___

Дата проведения анализа	Показатели					Заключение о пригодности масла к использованию
	Вязкость, $мм^2/с$	Загрязненность, %	ДСС, баллы	Щелочное число, мг КОН/г	Содержание воды, %	

Систематический контроль качества масла в двигателе позволяет оценивать и прогнозировать состояние как масла, так и двигателя, ускоряет поиск и устранение возникающих неполадок.

Плавное, постепенное изменение значений показателей свидетельствует об исправности двигателя и правильной его эксплуатации. Резкое изменение значений любого из контролируемых показателей – это сигнал о том, что в двигателе произошли неполадки или же нарушены правила его эксплуатации.

Нарушения правил эксплуатации:

- длительная работа на холостом ходу и при низком температурном режиме;
- ошибочный долив маловязкого или обводненного масла;
- несвоевременная замена фильтров и т.п.

Снижение вязкости масла происходит из-за попадания в него топлива, поэтому следует принять все меры к тому, чтобы топливная система находилась в исправном и отрегулированном состоянии.

Резкое увеличение вязкости масла, потемнение центрального ядра капельной пробы и уменьшение зоны диффузии мелкодиспергированных частиц свидетельствует о большом прорыве газов в картер из-за износа или потери подвижности поршневых колец, неполного сгорания топлива из-за перегрузок дизеля, загрязнения воздухоочистителя, плохого распыла топлива форсунками, низкого давления наддува, забивания или плохой работы маслофильтра.

При значениях показателей, близких к предельным, масло целесообразно заменить, особенно если предстоит напряженная и длительная работа. Не допускается даже кратковременная работа на сильно обводненном или маловязком масле, при снижении щелочного числа до 0,5…1,0 мг КОН/г. Это аварийные режимы эксплуатации с дорогостоящими издержками.

Результаты испытания проб масел.

Таблица 6.3

Протокол испытаний

Масло	1	2	3
Вязкость, $мм^2/с$			
Механические примеси, %			
Щелочное число, мг КОН/г			
Наличие воды, %			

Дать анализ результатов оценки свойств масел.

Контрольные вопросы

1. Перечислите приборы экспресс-анализа и кратко изложите правила их пользования.
2. Поясните факторы, ухудшающие качество смазочного масла.
3. Поясните влияние изменения показателей масла на работу двигателя.

Лабораторная работа №7. Методы восстановления отработанных масел в условиях потребителя

Цель работы: изучить основные способы и технологическое оборудование для восстановления отработанных масел в условиях потребителя с целью повторного использования в смазочных и гидравлических системах.

Задания

1. Ознакомиться с рациональными методами использования масел в сельскохозяйственной технике.

2. Изучить методы сбора и восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Содержание отчета

1. Представить и пояснить структурную схему рационального использования масел в с.х. технике.

2. Обосновать принцип формирования групп загрязненности отработанных масел.

3. Изобразить и пояснить схему технологического процесса восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Общие сведения

Тракторы, самоходные комбайны и автомобили являются одним из основных потребителей моторных и трансмиссионных масел. Моторные масла широко используются в гидросистемах и силовых передачах энергонасыщенных тракторов и комбайнов. Это придает особую актуальность сельскохозяйственной химмотологии.

Химмотологической основой рационального использования масел в сельскохозяйственной технике являются правильный выбор сорта масла, оптимизация масляной емкости и регламентированного срока службы, а также возможность повторного использования отработанных масел после их очистки и восстановления.

Изменение физико-химических и эксплуатационных свойств масел происходит при их хранении, заправке в смазочные и гидравлические системы и в процессе их эксплуатации. При хранении и заправке масел в смазочные и гидравлические системы машин происходит их обводнение и загрязнение механическими примесями, а также возможно испарение легких фракций и окисление

масел, вызывающих изменение их вязкости. Во время работы машин и механизмов, особенно двигателя, физико-химические свойства непрерывно ухудшаются, что обусловлено процессами окисления, срабатыванием присадок, накоплением кислых и нерастворимых продуктов и механических примесей (рис. 7.1).

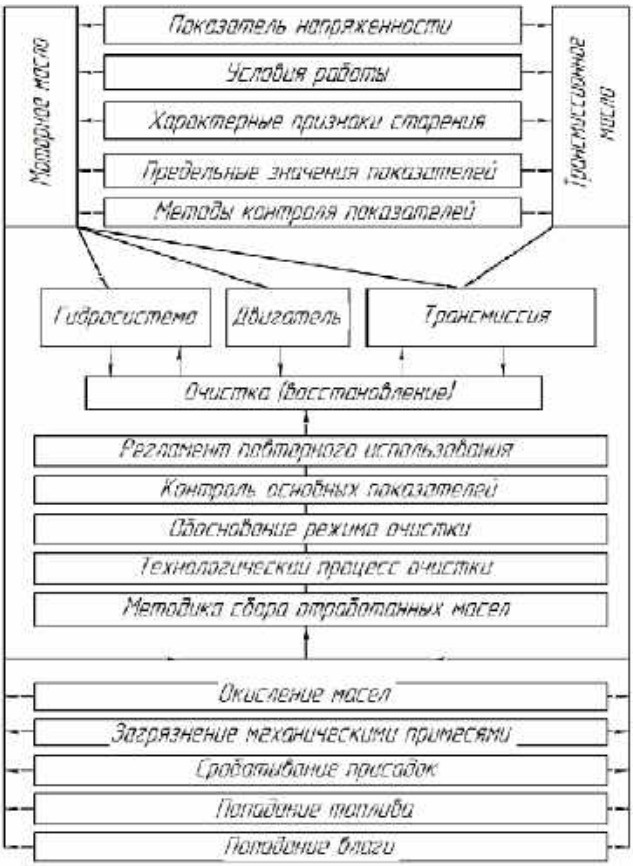


Рис. 7.1. Структурная схема рационального использования масел в с.х. технике

Старение масел при работе в двигателе представляет собой сложный процесс, так как масло подвергается комплексному воздействию высокой температуры, кислорода воздуха, продуктов сгорания топлива и изнашивания деталей двигателя, а также

посторонних примесей. Происходит не только интенсивное накопление смолисто-асфальтеновых веществ, но и перестройка их общей структуры. На процесс старения влияют и количественные изменения, вызванные испарением легких масляных фракций, угаром и частичной утечкой через уплотнительные устройства.

При оценке работавших масел с целью определения запаса их качества результаты анализа проб сравнивают со стандартными значениями и предельно допустимыми браковочными значениями.

Анализ режимов смазки сельскохозяйственной техники показывает (рис. 4.1), что в процессе эксплуатации превалирующее значение имеют такие аспекты, как показатель напряженности работы масла, условия работы и характерные признаки старения, предельные и допустимые значения показателей масла и методы их контроля.

Правомерно предположить возможность повторного использования отработанных моторных масел после их очистки и восстановления в условиях потребителя для работы в гидросистемах и силовых передачах энергонасыщенных тракторов и комбайнов, где рекомендуется использование моторных масел. Процессу очистки с целью повторного использования могут подвергаться и трансмиссионные масла.

Задачи очистки и восстановления отработанных масел определяются признаками их старения, среди которых необходимо выделить окисление, загрязнение механическими примесями, срабатывание присадок и попадание влаги. Для моторных масел характерно также попадание топлива. Указанные факторы являются исходными для обоснования технологического процесса очистки и восстановления отработанных масел. Реализация технологического процесса очистки масел в условиях сельскохозяйственных предприятий связана с решением ряда технологических и организационных мероприятий, исключающих значительные экономические затраты, применение опасных реагентов, сложность утилизации отходов и т.д.

Результаты исследований показали, что отработанное в двигателях и силовых передачах тракторов и автомобилей масло можно использовать повторно по прямому назначению, очистив его от механических примесей, воды и топливных фракций. Тогда экономически целесообразно производить очистку отработанных масел при районных ремонтно-технических предприятиях или при

районных пунктах технического обслуживания (в условиях потребителя масел), где концентрируется основная техника. Наиболее сложным вопросом здесь является организация сбора отработанных масел и доставка их на пункт очистки. Сбор масел должен производиться строго по группам в соответствии с ГОСТ 21046-81 «Нефтепродукты отработанные. Общие технические условия». Главная идея этого ГОСТа сводится к тому, чтобы не допустить смешивание масел различных групп и хранение отработанных масел в открытых и негерметичных емкостях.

Однако наличие в хозяйствах в основном энергонасыщенных тракторов упрощает задачу сбора отработанных масел по сортам. Эти тракторы являются основными потребителями масла, большую часть которого составляет моторное – группы «D» или «F», смешивание которых допускается. Следовательно, в каждом хозяйстве на центральной нефтебазе достаточно установки двух герметически закрытых емкостей – для сбора отдельно отработанных моторных и трансмиссионных масел. Накопившееся в них масло в последующем вывозится на пункт очистки.

Предварительный расчет объема отработанного масла, подлежащего очистке, производится из условий общего годового расхода масел всеми видами техники на выполнение сельскохозяйственных работ в масштабах районного АПО, по формуле:

$$V = V_{цм} + V_{то} + V_{у} + V_{д}, \qquad (7.1)$$

где V – общий расход масел на все виды сельскохозяйственной техники районного АПО, л;

$V_{цм}$ – объем масла, расходуемый центральными мастерскими на обкатку отремонтированных машин, л;

$V_{то}$ – объем масла, расходуемый на проведение регламентированных технических обслуживании с.х. техники, л;

$V_{у}$, $V_{д}$ – объем масла, расходуемый на возмещение угара в двигателях и утечек в гидроагрегатах и агрегатах трансмиссий, л.

Все составляющие определяются индивидуально на каждую марку машины с учетом сорта применяемого масла, объема системы смазки, объема выполняемых работ и количества проведенных регламентированных техобслуживаний.

Как правило, техническое обслуживание тракторов производится или силами самих хозяйств, или по договорам с районными станциями технического обслуживания. Районные СТО проводят обслуживание техники двумя путями – или методом выезда в хозяйства на передвижных средствах, или с помощью стационарного пункта, куда техника доставляется своим ходом. В связи с этим возможны несколько способов сбора отработанных масел (рис. 7.2):

- сбор масел из обслуживаемого трактора *8* в передвижную емкость с последующим перекачиванием его насосной станцией *2* в резервуар *3*;

- сбор масел в емкости для отработок, расположенные на передвижных СТО 9 и слив его впоследствии в резервуар 3;

- сбор масел в емкости для отработок, специально оборудованные для этого и расположенные непосредственно в хозяйствах, с последующим вывозом собранного масла на пункт очистки.

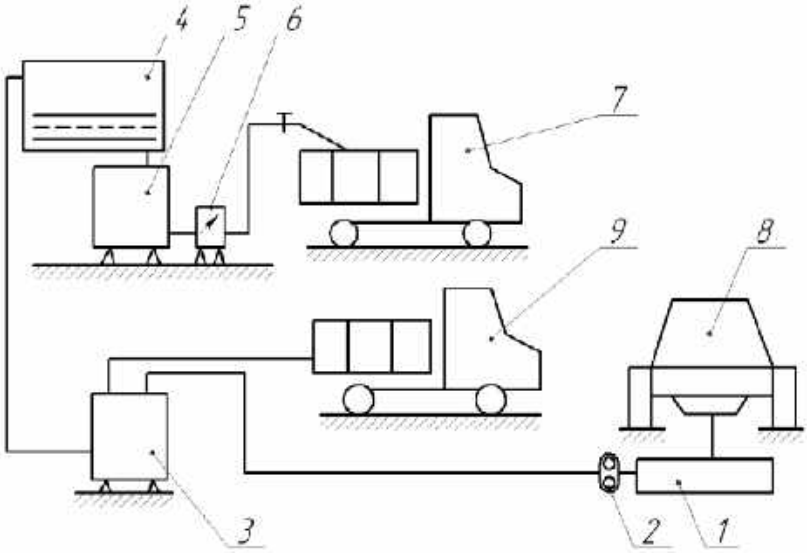


Рис. 7.2. Схема сбора отработанных и выдачи очищенных масел:
1 – передвижная емкость для сбора отработок; 2 – насосная станция; 3 – резервуар для сбора отработанных неочищенных масел; 4 – технологическая линия очистки отработанных масел; 5 – резервуар для хранения очищенных отработанных масел; 6 – маслораздаточная колонка; 7 – транспортное средство раздачи очищенных масел; 8 – обслуживаемый трактор; 9 – транспортное средство доставки отработанных масел из хозяйств

Собирать отработанные масла необходимо по маркам – моторные и трансмиссионные раздельно. Не собирать очень сильно загрязненные и разбавленные топливом масла. Накопленные отработанные масла из резервуара *3* поступают на технологическую линию очистки *4*, после чего они собираются в резервуаре *5* и с помощью маслораздаточной колонки *6* выдаются или непосредственно в тракторы, или развозятся по хозяйствам.

Исходя из условий загрязнений отработанных масел и необходимой степени их очистки, на кафедре «Тракторы и автомобили» разработан пункт очистки ПРМ-1, предназначенный для использования в районных ремонтно-технических предприятиях (рис. 7.3).

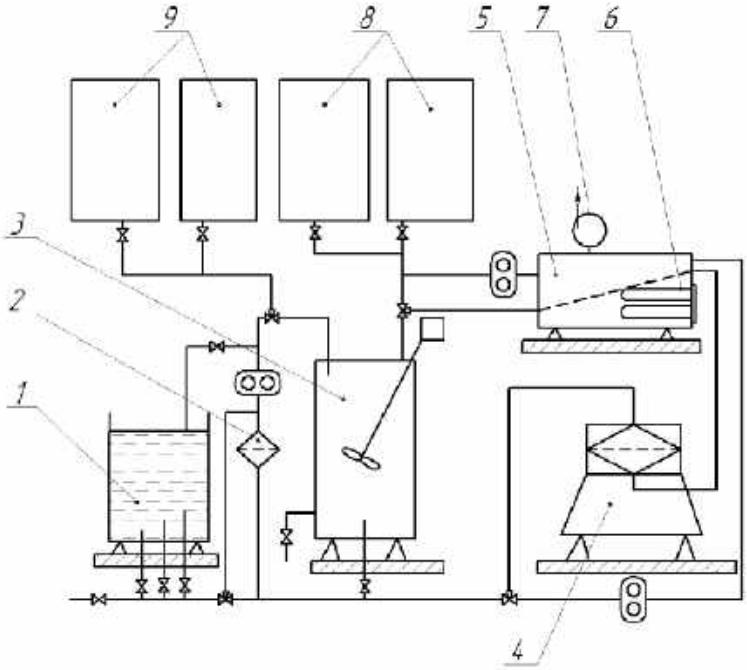


Рис. 7.3. Технологическая схема пункта очистки отработанных масел:
1 – отстойник отработанного масла; 2 – магнитный фильтр;
3 – смеситель-коагулятор; 4 – отделитель механических примесей;
5 – испаритель воды и топливных фракций; 6 – электронагреватель;
7 – вакуумный насос; 8 – емкость для сбора очищенных масел;
9 – емкость для сбора отработанных масел

Пункт очистки состоит из маслосклада и участков: разогрева и химической обработки масел *3*, *6*; отстаивания химически обработанных масел *1*; очистки масел от механических примесей и свободной воды сепаратором-очистителем *4*; удаления из масел растворенной воды и топливных фракций пленочно-испарительным методом в вакууме *5*, *7*. В маслоскладе установлены четыре резервуара *8*, *9* объемом по 5 м^3, два из которых служат для сбора отработанных моторных и трансмиссионных масел отдельно, а два других для хранения и раздачи очищенных моторных и трансмиссионных масел. Резервуары соединены трубопроводами и отдельными кранами с соответствующими участками, а так же оборудованы устройствами для приема отработанных масел и выдачи их после очистки.

Маслоочистительная установка ПСМ2-4 состоит из сепаратора, электронагревателя с вакуумбаком, вакуумного насоса, шкафа управления, общей рамы. Работа маслоочистительной установки может осуществляться в следующих режимах:

- кларификация под атмосферным давлением;
- кларификация под вакуумом;
- пурификация.

Кларификация под атмосферным давлением применяется для очистки масла преимущественно только от механических примесей (очистка методом кларификация). Кларификация под вакуумом применяется при очистке масла от механических примесей с одновременным выпариванием воды и топливных фракций пленочно-испарительным методом (очистка методом сушки).

При очистке масла методом пурификации, как преимущественном методе очистки его от воды, происходит также частичная очистка масла от механических примесей.

При работе установки в режиме кларификации под атмосферным давлением разогретое загрязненное масло забирается из емкости нагнетательной секцией насоса по трубопроводу и подается в барабан сепаратора. Барабан является основным рабочим органом сепаратора, в котором происходит отделение воды и механических примесей из отработанного масла. Очищенное в барабане масло сливается в вакуум-бак *5* как в проходную емкость. Из вакуумбака чистое масло забирается откачивающей секцией насоса. Отделившиеся в барабане сепаратора от масла механические примеси

откладываются в виде осадка на внутренней цилиндрической поверхности корпуса барабана. Работа установки в режиме кларификации под вакуумом отличается только тем, что необходимо дополнительное включение вакуумного насоса *7*, создающего необходимое разрежение в вакуумбаке. Это способствует быстрому испарению из масла воды и топливных фракций, так выходящее из барабана сепаратора масло попадает тонким слоем на разогретую поверхность электронагревателя, помещенного внутри вакуумбака. Пары воды и топливных фракций отсасываются вакуумным насосом.

Для работы барабана в режиме пурификации в нем обязательно создается водяной затвор: когда барабан сепаратора достигнет полной частоты вращения, следует снять пробку на маслосборнике и с помощью воронки вливать воду до тех пор, пока вода начнет отливаться через патрубок отсепарирования воды. После создания водяного затвора необходимо обеспечить плавную подачу отработанного масла до максимально возможного. Быстрая подача масла в барабан может повлечь потерю водяного затвора. В барабане на режиме пурификации происходит разделение двух сред – воды и масла, каждая из которых отводится по отдельным каналам.

Технология очистки отработанных масел определяется количественным и качественным составом загрязнителя, накопленного в них и определенного экспресс-методом. Для этого отработанные масла разбиты на четыре условных группы (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Группы загрязненности и способы очистки отработанных масел

Наименование показателя	Группа загрязненности и режим очистки			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Массовая доля механических примесей, в т.ч.	0…0,25	0,25…1,0	1,0…2,0	2,0…3,0
несгораемых	0…0,15	0,15…0,75	0,75…1,25	1,5…2,5
сгораемых	0…0,1	0,1…0,25	0,25…0,75	0,5
Массовая доля воды, %	0…5,0	0…5,0	0…0,1	0…0,5
Температура вспышки, °С	170…200	180…220	190…200	160…170

Окончание таблицы

1	2	3	4	5
Режим очистки	Разогрев, обработка водой-коа-гулянтом, отстаивание. Очистка методом пурификации. Выпаривание воды и топлива под вакуумом.	Разогрев, обработка водой-коагулянтом. Отстаивание. Очистка методом кларификации под вакуумом.	Разогрев, химическая обработка коагулянтом-осветлителем. Отстаивание. Очистка методом кларификации под атмосферным давлением.	Разогрев, химическая обработка коагулянтом-осветлителем. Отстаивание. Очистка методом кларификации под вакуумом.

Масла первой и второй условных групп характерны тем, что в них содержится относительно небольшое количество механических примесей (0...1,0 %), большую часть из которых составляют несгораемые продукты. Такие масла можно считать малоокисленными, следовательно, не требующими специальных осветляющих операций.

Большую степень загрязненности отработанных масел имеют третья и четвертая условные группы (1...3 %). В этих группах имеется сравнительно большое количество (0,25...0,5 %) продуктов окисления, сгораемых частиц. Такие масла требуют химической обработки (осветления) без участия в процессе воды.

Контрольные вопросы

1. Как изменяются основные физико-химических свойства масел в процессе эксплуатации?
2. Перечислите способы восстановления триботехнических свойств отработанных масел.
3. По каким признакам целесообразно группировать отработанные масла с целью их восстановления?
4. Перечислите методы сбора отработанных масел в условиях потребителя.
5. Как прогнозировать сбор отработанных масел?
6. Поясните роль режима пурификации при сепарировании отработанного масла.
7. Поясните роль режима кларификации при сепарировании отработанного масла.
8. Назовите и поясните роль основных этапов восстановления отработанных масел в условиях потребителя.

Рекомендуемая литература

1. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (износ и безызносность) : учебник / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2001. – 616 с.

2. Гаркунов, Д. Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин) : учебник / Д. Н. Гаркунов. – М. : Изд-во МСХА, 2002. – 632 с.

3. Быченин, А. П. Триботехника и триботехнологии : учебное пособие / А. П. Быченин, О. С. Володько. – Самара : РИЦ СГСХА, 2018. – 247 с.

4. Болдашев, Г. И. Использование альтернативных топливосмазочных материалов в автотранспортной технике : монография / Г. И. Болдашев, А. П. Быченин А.П., О. С. Володько. – Самара : РИЦ СГСХА, 2017. – 169 с.

5. Громаковский, Д. Г. Физические основы, механика и технические приложения трибологии : конспект лекций / Д. Г. Грамоковский. – Самара : Сам ГТУ, 2006. – 270 с.

6. Цыпцын, В. И. Трибологические основы повышения ресурса машин : учебное пособие / В. И. Цыпцын, В. В. Стрельников, В. Ф. Карпенков [и др.] – Саратов : СГАУ, 2000. – 92 с.

7. Уханов, А. П. Использование нефтепродуктов, технических жидкостей и ремонтных материалов при эксплуатации мобильных машин : учебное пособие / А. П. Уханов, А. В. Гуськов, А. В. Климанов [и др.] – Самара : СГСХА, 2002. – 292 с.

8. Трение, износ, смазка : электронный журнал. – Режим доступа: http://www.tribo.ru/.

9. Wear : электронный журнал. – Режим доступа: http://www.journals.elsevier.com/wear/.

Оглавление

Предисловие 3

Лабораторная работа № 1. Виды трибологических испытаний материалов 4

Лабораторная работа № 2. Четырехшариковая машина трения МАСТ-1 15

Лабораторная работа № 3. Роликовые машины трения 24

Лабораторная работа № 4. Оценка трибологических свойств масел на машине трения 2070 СМТ-1 34

Лабораторная работа № 5. Оценка трибологических свойств масел на машине трения МАСТ-1 37

Лабораторная работа № 6. Экспресс-анализ свойств новых и отработанных масел 39

Лабораторная работа № 7. Методы восстановления отработанных масел в условиях потребителя 48

Рекомендуемая литература 57

Учебное издание

Составители:
Володько Олег Станиславович
Быченин Александр Павлович

ТРИБОТЕХНИКА

Методические указания

Подписано в печать 26.11.2021. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 3,43; печ. л. 3,69.
Тираж 50. Заказ № 270.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86 доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Физическая культура и спорт»

Д. А. Аксенов, В. А. Мезенцева, А. Ф. Башмак

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ. ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Самостоятельная работа

Методические указания для практических занятий

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2022

ББК 75 р
УДК 796/799
А42

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Аксенов, Д. А.

А42 Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка. Самостоятельная работа : методические указания / Д. А. Аксенов, В. А. Мезенцева, А. Ф. Башмак – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2022. – 24 с.

В методических указаниях представлена организация и проведение самостоятельных занятий по общей физической подготовке. Предложенные примерные комплексы упражнений способствуют гармоничному развитию личности обучающихся, их можно выполнять как самостоятельно, так и под руководством тренера-преподавателя. Методические указания предназначены для студентов бакалавриата, осваивающих дисциплину «Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка».

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2022
© Аксенов Д. А., Мезенцева В. А.,
Башмак А. Ф., 2022

Предисловие

Целью методических указаний является гармоничное развитие личности и подготовка обучающихся к усложняющимся условиям современного производства и высокому темпу жизни. Общая физическая подготовка (ОФП) направлена на развитие всех физических качеств (сила, выносливость, скорость, ловкость, гибкость) в их гармоничном сочетании. В основе общей физической подготовки может быть любой вид спорта или отдельный комплекс упражнений, например гимнастика, бег, бодибилдинг, аэробика, единоборства, плавание, любые подвижные игры. Главное избежать узкой специализации и гипертрофированного развития только одного физического качества за счет и в ущерб остальных.

ОФП – это укрепление физического здоровья, приобретение широкого круга двигательных умений и навыков, развитие основных двигательных качеств, служащих основой для последующей специальной подготовки. Занятия общей физической подготовкой проводятся в целях укрепления здоровья и закаливания организма занимающихся, достижение разностороннего физического развития.

В методических указаниях рассматриваются комплексы упражнений для самостоятельных занятий ОФП. Примерные упражнения сгруппированы в комплексы по признакам функционального воздействия.

Методическое пособие предназначено для обучающихся бакалавриата, осваивающих дисциплину «Элективные курсы по физической культуре и спорту. Общая физическая подготовка» и будет способствовать освоению ими общекультурной компетенции (готовность поддерживать уровень физической подготовки, обеспечивающий полноценную социальную деятельность). Данное пособие может быть использовано преподавателями физического воспитания высших учебных заведений и педагогами средне специальных учебных заведений, а также учителями средних общеобразовательных школ по физической культуре.

1. Общая физическая подготовка (ОФП): понятие, цели и задачи

ОФП – это система занятий физическими упражнениями, направленная на развитие всех физических качеств (сила, выносливость, скорость, ловкость, гибкость) в их гармоничном сочетании. ОФП способствует повышению функциональных возможностей, общей работоспособности, является основой (базой) для специальной подготовки и достижения высоких результатов в выбранной сфере деятельности или спорта.

ОФП рассчитана для улучшения и поддержки работоспособности человека, а также его функциональных способностей и возможностей. Понятие об общей физической подготовке включает в себя широкий спектр применяемых методов и средств ОФП. Их разнообразие обусловлено тем, что в процесс, вовлечены широкие слои населения начиная от маленьких детей и заканчивая людьми пожилого возраста.

Таким образом, в настоящее время актуальным является вопрос о том, что включает процесс обучения общей физической подготовке. Прежде всего, её неотъемлемым атрибутом являются средства и методы ОФП. Они включают в себя следующие виды физической активности. В их состав входят такие разновидности, как плавание, бег, игры спортивного и подвижного характера, а также катание на лыжах, велоспорт, выполняющие функции по формированию ОФП.

Комплекс упражнений относится в основном к аэробным физическим нагрузкам, направленным на повышение:

- выносливости;
- силы природы оздоровительного характера;
- факторов, имеющих гигиеническую природу.

С помощью этих средств преподавателями реализуется базовая целевая задача в учебных заведениях, заключающаяся в формировании физического воспитания у обучающихся. Программа занятий на самостоятельных занятиях обучающихся должна предусматривать формирование общефизической подготовленности, позволяющей поддерживать работоспособность и повысить

эффективность труда в учебном процессе.

Однако необходимо отметить тот факт, что даже высокий уровень этого показателя не является гарантией успеха в различных видах спорта ввиду отсутствия специальной подготовленности. В них она должна носить специализированный характер, а в профессиональной деятельности – прикладной.

Основная роль средств ОФП заключается также в поддержании функционирования восстановительных процессов в организме после физической нагрузки. Она может быть как объемной, так и достаточно интенсивной. Нагрузка позволяет человеку переключиться от одной физической активности к другой.

Как и любая другая деятельность, ОФП имеет свои определенные параметры, дающие её расшифровку и помогающие лучше понять её суть и назначение.

Главными целями ОФП являются:

- укрепление здоровья и общего развития;

- повышение функциональных возможностей и общей работоспособности организма человека.

ОФП ставит перед собой следующие задачи:

- укрепить и сохранить здоровье, совершенствовать телосложение, поддержать на высоком уровне развитие функциональных возможностей организма;

- формирование определенных качеств, характеризующих ОФП, а именно: силу, выносливость, гибкость, быстроту и ловкость;

- создать надежную основу для развития специальной физической подготовленности к конкретным видам предстоящей деятельности (трудовой, военной, бытовой);

- достижение гармонического развития подготовки, поддержание высокого уровня работоспособности в долгосрочной перспективе;

- образование базы для дальнейшей СФП применительно к трудовой, спортивной и другим видам деятельности;

- выявление и реализация имеющегося потенциала на практике;

- проработка мышечной мускулатуры, направленная на выполнение укрепления тканей, а также их эластичности;

- разработка определенных умений по достижению наибольшего расслабления при занятиях разными видами физической активности.

Занятия физической культурой способствуют повышению сопротивляемости организма к неблагоприятным факторам окружающей среды, в том числе вирусным и бактериальным инфекциям. Это благоприятно сказывается на укреплении защитных функций иммунной системы. Кроме того, ОФП значительно уменьшает процессы старения в организме. В отношении общего развития следует отметить некую особенность. ОФП отличается тем, что она не относится к какому-либо виду спорта. Однако без выполнения определенных нормативов ОФП, таких как бег с определенной скоростью (темпом) на разные дистанции или прыжки в длину, отжимания, подтягивания, невозможно достичь спортивных результатов.

2. Особенности физической нагрузки при занятиях ОФП. Дозирование нагрузок

Нагрузки – важнейший фактор, при помощи которого определяется степень воздействия мышечной мускулатуры на ОФП. Она представляет собой меру, оказывающую влияние на человеческий организм. При этом она характеризуется тем, что в процессе её осуществления человек преодолевает трудности как объективного, так и субъективного характера. В процессе осуществления физической активности у человека появляются признаки утомления, характеризующие уровень соответствия выполняемых нагрузок к подготовленности.

При легкой степени усталости наблюдаются следующие признаки:

- кожные покровы приобретают небольшое покраснение,
- наблюдается выступление небольшого количества пота на лице,
- дыхание имеет немного учащенный характер без тяжелой отдышки.

Тяжелая степень нагрузки характеризуется: значительным по-

краснением всего тела; сильной потливостью; дыханием через рот и общим ухудшением самочувствия человека, сопровождающимся учащенным сердцебиением, сильной отдышкой и нарушением внимания.

Сильные нагрузки для неподготовленного человека могут иметь весьма негативные последствия. При этом виде активности как лицо, так и губы могут приобрести синий оттенок. На одежде видны выделения соли из организма вместе с потом. Кроме того, может наблюдаться нарушение координации движений, дрожание рук и ног. Состояние может усугубляться тошнотой, шумом в голове и ушах, болью и всеобщим недомоганием. Здоровье и уровень подготовки у всех людей индивидуальны. В соответствии с этим нужно подбирать оптимальный уровень нагрузки, который будет не способен нанести вред организму.

В процессе совершенствования уровня ОФП необходимо изменять и уровень нагрузок. Если она останется постоянной, то не принесет должных результатов и будет привычной для человека. Таким образом, при занятиях ОФП необходимо постоянно осуществлять корректирование и изменять дозирование нагрузок в сторону увеличения. Существуют различные виды физической работы. Исходя из её характера, выделяют как тренировочные, так и соревновательные нагрузки. Первые из них характеризуются различными показателями, среди которых можно выделить физические, а также физиологические.

Между физической нагрузкой и количеством выполняемых повторений существует прямая зависимость. Чем выше их число, тем больше степень нагрузки, и наоборот. То же самое касается и амплитуды движений. Исходная позиция может быть как вертикальной, так и горизонтальной. Её изменение также значительно влияет на характер получаемой нагрузки при упражнении. Длительный отдых после интенсивной активности способствует более полному восстановлению организма. По своей сущности отдых между повторениями может носить как активный, так и пассивный характер. Активный отдых подразумевает выполнение легких разгрузочных упражнений, в то время как пассивный предполагает полное прекращение двигательной активности.

3. Интенсивность физической активности

В процессе осуществления ОФП необходимо учитывать важность такого фактора, как ритмичность выполняемых упражнений, при которой повышается частота сердечных сокращений (ЧСС). Для характеристики этого параметра используется такой показатель, как относительная частота сокращения сердечной мышцы, выраженная в процентах. Она находится как отношение количества сокращений в период физической активности к максимальной величине этого показателя. Максимальная частота сокращений для каждого человека индивидуальна и зависит от возрастной категории. Чем выше возраст, тем ниже величина параметра. Приближенное значение ЧСС можно определить как разницу между числом 220 и возрастом человека.

В физической культуре выделяют два вида ЧСС. Первый вид получил название пороговой частоты, характеризующей наименьшую степень интенсивности физической активности. При этом типе наблюдается минимальный эффект от тренировки. Второй вид – пиковая ЧСС. Она является критической для человеческого организма, поскольку при физической активности частота сердечных сокращений не должна превышать величину стандартного показателя. Для нее характерна максимальная энергичность и эффективность выполняемых упражнений.

Так, пороговая частота сердечных сокращений находится путем умножения максимальной величины показателя на 75%. В свою очередь, для определения пиковой величины максимальная ЧСС умножается на 95%.

Таким образом, совершенствование общей физической подготовленности необходимо осуществлять как для поддержания, так и для укрепления здоровья. Занятия физической культурой способствуют укреплению сердечно-сосудистой и центральной нервной системы, органов дыхания, нормализации работы пищеварительного тракта. При нагрузках происходит повышение силы и выносливости, укрепляются сосуды. Организм становится более устойчивым к различным заболеваниям, к которым можно отнести грипп, ОРВИ, а также различного рода бактериальные инфекции. Все это обуславливает важность и необходимость занятий физической культурой в школьных учебных заведениях России.

4. Общая физическая подготовка и гармоничное развития личности

Как правило, ОФП связывают лишь с совершенствованием природной основы человека, его физической организации. Вместе с тем, будучи одной из человеческих и социальных ценностей, она выступает как культура образа жизни людей, стремящаяся к гармонии с самим собой, окружающим миром, природой и социумом.

Характер работы общей физической подготовки определяется теми средствами и методами, которые целенаправленно развивают необходимые физические качества и двигательные навыки. Существенным фактором, оказывающим благотворное влияние на развитие личности, является планирование занятий физического воспитания таким образом, чтобы индивидуально привлекательные формы физической активности выступали подкрепляющим основанием для выработки потребности в систематических занятиях физическими упражнениями. Таким образом, планирование учебно-тренировочного процесса на самостоятельных занятиях следует осуществлять таким образом, чтобы уровень тренированности был достигнут, прежде всего, за счет форм двигательной активности, привлекательных для каждого конкретного участника.

Организация общей физической подготовки с учетом интересов личности и ее физических возможностей во многом определяют появление новообразований личности в юношеском возрасте: открытия своего внутреннего мира, становления более или менее устойчивого образа «Я» связанного с развитием самосознания и появлением особого отношения к своей личности.

Поэтому применение в процессе физического воспитания результатов собственного двигательного опыта в значительной мере способствует становлению и развитию познавательных интересов и активности личности.

Без становления персональной «картины мира» со всем порождающим ее комплексом сознания и самосознания» невозможно обеспечить «ни развития научного теоретического мышления, ни способности к учению в мире научного знания».

5. Комплексы упражнений ОФП

Для самостоятельных занятий ОФП примерные упражнения сгруппированы в комплексы по признакам функционального воздействия:

- комплекс ОФП №1 – «Общеразвивающие упражнения для развития подвижности в суставах»;
- комплекс ОФП №2 – «Общеразвивающие упражнения для развития подвижности в суставах»;
- комплекс ОФП №3 – «Упражнения на развитие силовой выносливости для мышц нижних конечностей»;
- комплекс ОФП №4 – «Упражнения на развитие силовой выносливости для мышц спины»;
- комплекс ОФП № 5 – «Упражнения на развитие силовой выносливости для мышц верхних конечностей и грудных мышц»;
- комплекс ОФП № 6 – «Упражнения на развитие силовой выносливости для мышц живота».

Такое объединение упражнений в комплексы позволяет преподавателю планировать и регулировать нагрузку на организм обучающихся и обеспечивать преемственность развития их основных физических качеств. Комплексы составлены с учетом возрастных особенностей и дозируются индивидуально в зависимости от функциональных возможностей организма обучающихся.

Комплекс ОФП №1«Общеразвивающие упражнения для развития подвижности в суставах»

Для верхних конечностей:

- поднимание и опускание рук – вперед, вверх, в стороны;
- круговые движения руками в различных плоскостях, сгибание и разгибание рук из различных исходных положений (и.п.). Из положения стоя, руки вверх с резиновым бинтом, выкрут, опуская руки назад за спину и возвращаясь в и.п.;
- тоже, но со скакалкой, руки вверх шире плеч.

Для туловища: повороты, наклоны в сторону, вперед из различных и.п.

Для нижних конечностей: сгибание и разгибание ног коленных и голеностопных суставах. Поднимание прямой ноги вперед, в сторону (до высоты пояса, груди), назад (выше колена), стоя у гимнастической

стенки и опираясь об нее рукой, свободную руку на пояс:

- махи нагой вперед, назад, в сторону, стоя у гимнастической стенки и опираясь на нее рукой (при махе ногой стопу поворачивать наружу, тело и голову держать прямо);

- встать лицом (боком) к стенке и поставить прямую ногу на рейку на высоте пояса. Приседать на опорной ноге, удерживать прямую ногу на рейке;

- стоя у стенки, поднимать прямую ногу вперед, в сторону и назад с помощью тренера (не допускать болевых ощущений);

- стоя у стенки, поднимать прямую ногу вперед, назад, в сторону с отягощением (мешки с песком весом 1-2 кг).

Комплекс ОФП №2 «Общеразвивающие упражнения для развития подвижности в суставах»

Обучение шпагата рекомендуется начинать с выполнения упражнений, описанных в комплексе №1: поднимание ног в сторону на 90%, содействует хорошему выполнению прямого шпагата и исключает травматические повреждения.

Для нижних конечностей: из упора лежа ноги врозь (шире), носки повернуты наружу, поворот туловища направо и налево, выставляя руки то в одну, то в другую сторону. Поворачиваясь налево, стремиться коснуться пола правым бедром, поворачиваясь направо, – левым бедром; стоя лицом к гимнастической стенке, развести ноги врозь (шире). Держась руками за стенку, стремиться опуститься как можно ниже; тоже, но встать на 2-3 рейку. Выпады, шпагаты.

Для туловища: разные виды «складочек» в положении сидя.

При выполнении разного вида «складочек» необходимо тянуться максимально вперед.

Вариант 1: вторая нога согнута в колене, пятка внутрь в области паха. Выполнить медленно наклон вперед, до полного касания корпусом передней поверхности вытянутой ноги. Зафиксировать это положение в течение 5 с. Затем сменить положение ног и повторить упражнение.

Вариант 2: вторая нога согнута в колене, голень параллельна вытянутой ноге, подошва стопы направлена вверх. Методика выполнения та же, что и в варианте 1. Данное упражнение предполагает

наличие хорошей подвижности в коленном суставе, потому, если возникают боли, то это сигнал к тому, что упражнение следует выполнять в облегченном варианте.

Комплекс ОФП №3 «Упражнения на развитие силовой выносливости»

Для мышц нижних конечностей:

1. «Приседание» упражнения для суставов: тазобедренный, коленный, голеностопный. Воздействие на основные мышечные группы: четырехглавая мышца бедра, ягодичные мышцы, мышцы задней группы бедра.

Используемое оборудование: с собственным весом, с гантелями, с набивным мячом. Движение: и.п. стойка, ноги врозь (другой вариант – широкая стойка ноги врозь), естественный разворот стоп наружу, взгляд направлен вперед. На вдохе выполнить приседание до угла 90° в коленном суставе, на выдохе – вернуться в и.п. Методические указания: спина выпрямленная (сохранять естественные изгибы позвоночника), не блокировать коленный сустав, колено в проекции на стопу.

2. «Выпады». Упражнения для суставов: тазобедренный, коленный, голеностопный. Воздействие на основные мышечные группы: четырехглавая мышца бедра, ягодичные мышцы, мышцы задней группы бедра.

Используемое оборудование: с собственным весом, с гантелями, с набивным мячом. Движение: и.п. стойка ноги врозь, стопы параллельны, взгляд направлен вперед. На вдохе выполнить шаг назад на носок и согнуть ноги в коленных суставах до угла 90°, на выдохе – вернуться в и.п.

Вариации: выпады вперед и в стороны в динамике (со сменой ног и в статике, когда ноги не меняются). Методические указания те же: спина выпрямлена, колено не выходит за пределы стопы, угол сгибания в коленных суставах не менее 90°.

3. «Наклоны» (становая тяга). Упражнение для тазобедренного сустава. Воздействие на основные мышечные группы: мышцы задней группы бедра, ягодичные мышцы, мышцы разгибатели позвоночника. Оборудование: с собственным весом, гантели, набивной мяч. Движение: и.п.: стойка ноги врозь, взгляд направлен вперед. На

вдохе выполнить сгибание в тазобедренном суставе до угла 90 бедро-корпус, на выдохе – вернуться в и.п. Методические указания: спина прямая (сохранять естественные изгибы позвоночника), ход рук с отягощением или без вдоль бедра, не блокировать коленные суставы.

Комплекс ОФП №4 «Упражнения на развитие силовой выносливости»

Скручивания на верхний пресс. Лежа на спине, на полу, руки вдоль туловища, ноги согнуты в коленях, прижать таз так, чтобы не было прогиба в спине или он был минимален. Поднять плечи и голову, чтобы лопатки оторвались от пола. Задержаться на 5-10 с, повторить10 раз.

Скручивания на косые мышцы. Косые скручивания, как и все остальные упражнения на пресс, хорошо укрепляют спину. Лежа на спине, на полу, поднять голову и перенесите плечи в сторону противоположного бедра, руками тянуться вперёд. Задержаться на 5 с. Повторить 10 раз, затем выполнить такое же количество раз в другую сторону.

Подъем корпуса и ног. Лежа на животе на полу, лицом вниз, руки вдоль туловища. Напрячь ягодицы, поднять голову и плечи как можно выше над полом. Задержать на 5-10 с, повторить 10 раз.

Разноимённые подъёмы рук и ног. Техника аналогична предыдущему упражнению. В ней задействуются разноимённые пары рук и ног.

Лежа на пол лицом вниз, под лоб положить скрученное полотенце, руки вытянуть над головой. Положить под таз и живот подушку. Сохраняя правое колено прямым, поднять ногу на 3-5 см от пола и одновременно оторвать от пола левую руку. Задержать на 5 с. То же самое другой ногой и рукой. Повторить 10 раз для каждой стороны.

Комплекс ОФП №5 «Упражнения на развитие силовой выносливости»

Для мышц верхних конечностей и грудных мышц:

1. «Тяга стоя к груди». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: плечевой, локтевой.

Воздействие на основные мышечные группы: дельтовидные мышцы, верхняя часть трапециевидных мышц. Движение: и.п.: стоя, ноги врозь. На выдохе – выполнить тягу гантелей вдоль корпуса до уровня середины груди, на вдохе – вернуться в и.п. Методические указания: корпус зафиксирован, спина выпрямлена (сохранять естественные изгибы позвоночника). Во время движения направлять локти вперед-вверх. Локтевой сустав не выше плечевого.

2. «Жим лежа». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: плечевой, локтевой.

Воздействие на основные мышечные группы: большая грудная, передняя часть дельтовидных мышц, трехглавая мышца плеча. Оборудование: гантели. Движение: и.п.: лежа, хват гантели шире плеч, проекция гантели на плечевые суставы. На вдохе – опустить гантели к средней части груди, на выдохе – жим в и.п. Методические указания: лопатки сведены, в положении плеч параллельно полу, предплечья перпендикулярны полу и угол в локтевом суставе 90°, угол плечо – корпус 75-80°; не блокировать локтевые суставы.

3. «Сгибание и разгибание рук в упоре». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: плечевой, локтевой.

Воздействие на основные мышечные группы: большая грудная, передняя часть дельтовидных мышц, трехглавая мышца плеча. Движение: И.п.: упор лежа, широкая постановка рук. Облегченное упражнение и.п.: упор с колен или руки на скамье. На вдохе – сгибая руки в локтевых суставах, опуститься к полу, на выдохе – вернуться в и.п. Методические указания: лопатки сведены, в положении плеч параллельно полу, предплечья перпендикулярны полу, угол плечо – корпус 75-80°; не блокировать локтевые суставы.

4. «Жим стоя». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: плечевой, локтевой.

Воздействие на основные мышечные группы: дельтовидные мышцы, трехглавая мышца плеча. Движение: и.п.: стоя, хват по шире, гантели на верхней части груди, локти направлены в пол. На выдохе – жим гантелей или набивного мяча, на вдохе – вернуться в и.п. Методические указания: спина прямая (сохранять естественные изгибы позвоночника), в верхней точке гантели в проекции на плечевые суставы, не блокировать локтевые суставы.

Комплекс ОФП №6 «Упражнения на развитие силовой выносливости»

1. «Диагональное скручивание». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: межпозвонковые соединения. Воздействие на основную мышечную группу: прямая мышца живота и косые мышцы живота. Движение: и.п.: лежа на спине, руки за головой, ноги согнуты, стопы на полу. На выдохе – выполнить сгибание и одновременно поворот туловища, оторвав лопатки от пола, на вдохе вернуться в и.п.

Методические указания: поясница прижата к полу (коврику), таз зафиксирован, исключить инерцию и движение в шейном отделе позвоночника.

2. «Планка». Выполнение: и.п.: упор лежа на предплечья, удержание и.п. Методические указания: не прогибаться в пояснице, живот подтянут. Облегченный вариант – с колен.

3. «Полный сед». Упражнение: многосуставное. Рабочие суставы: межпозвонковые соединения, тазобедренный сустав. Воздействие на основную мышечную группу: прямая мышца живота, мышцы-сгибатели бедра. Движение: и.п.: лежа на спине, ноги согнуты в коленях, стопы на полу, на выдохе – выполнить полный сед, на вдохе вернуться в и.п. Методические указания: исключить инерцию и движение в шейном отделе позвоночника. Методические рекомендации и дозировка к выполнению упражнений: В зависимости от уровня физической подготовленности и состояния здоровья количество повторений варьируется от 15 до 30 раз в одну серию. При достижении высокого уровня выполнения упражнений (упражнение выполняется свободно 25-30 раз за одну серию), необходимо менять и.п. и/или использовать отягощения

6. Самоконтроль при занятиях спортом и физическими упражнениями

Посредством самоконтроля прослеживают изменения в организме, возникающие в ходе выполнения упражнений или тренировок. Это дополняет медицинское сопровождение, а также человек имеет возможность вовремя принять меры по изменению или

отмене нагрузок, корректировать план. Кто-то желает укрепить здоровье посредством физической культуры, другие предпочитают настоящий спорт. Так или иначе, самоконтроль при занятиях физическими упражнениями производится для фиксации изменений показателей здоровья. С его помощью определяют состояние параметров физиологии, выносливости, улучшения или ухудшения функций. Проводимый самим человеком, он помогает врачам составить общую картину. А преподавателем могут вносить коррективы в распорядок занятий.

Человек, занимающийся спортом или физической культурой, может контролировать себя, благодаря чему будет знать, благоприятно ли воздействие. Самоконтроль при занятиях физической культурой возможен в следующих разновидностях: анализ субъективных и объективных параметров; по внешним и внутренним признакам; ведение дневника самоконтроля; контроль за самочувствие в виде общего состояния, что дополняется сопровождением медика и педагога; объективные и субъективные методы.

Самоконтроль при занятиях физическими упражнениями на основании субъективных параметров включает следующие признаки: самочувствие; эмоциональный настрой; комфорт; наличие аппетита.

Объективные параметры: пульс или ЧСС (частота сердечных сокращений); артериальное давление; масса и объемы тела; работа пищеварения; потоотделение; жизненная емкость легких (ЖЕЛ); мускульная сила; динамические параметры; достижения, результативность.

Также наблюдение осуществляется по внешним и внутренним признакам. К первым относятся обильность потоотделения, цвет кожных покровов, координация движений, ритмы дыхания. При перегруженности может появиться одышка, посинение возле губ, покраснение тела, нарушение координации. В этом случае предпринимают отдых, прекратив заниматься. Внутренние показатели утомления: боли в мышцах, тошнота, головокружение. При таких признаках тренировку останавливают вообще. Если человек успешно преодолевает нагрузку, у него улучшается аппетит, сон, настроение, общее самочувствие.

Каждому занимающемуся физической культурой и спортом нужен систематический контроль за собой. Это позволит давать оценку нагрузкам, развитию, проследить динамику изменений. При этом преподаватель получает данные об эффективности применяемых этапов и методики. Результаты обычно отражаются в дневнике самоконтроля со стандартным для самоконтроля оформлением. Общее состояние получает оценку: плохо, удовлетворительно, хорошо.

В дневник вносятся данные о параметрах сна, работоспособности, которая не может быть пониженная. Иначе о ситуации сообщают преподавателю либо врачу. Записывают отклонения в режиме, данные об интенсивности и о том, как переносилась нагрузка. Значение частоты пульса проверяют несколько раз в день, проставляя число ударов за минуту времен.

Режим питания и сбалансированное меню – важнейший фактор, требующий постоянного внимания. Для поддержания физической формы необходимо соблюдать правильную диету. Если самостоятельно нет возможности проработать меню, то к вашим услугам специалисты диетологи и удобный сервис для спортсменов и не только.

Перенося физические нагрузки, нужно прослеживать общее состояние. Ведь это ответ функций органов и систем на активизацию работы мышц. Особенно важным считается изменение параметров дыхания, сердечной и сосудистой систем. Работоспособность основным образом зависит от частоты сокращений сердца (ЧСС).

К прочим параметрам развития физиологии человека относятся следующие величины.

Объем грудной клетки. Самоконтроль включает ее измерение на вдохе и выдохе в спокойном состоянии. Разница именуется экскурсией и находится в зависимости от разновидности дыхания и того, насколько развиты мышцы.

Сила мускул рук определяется динамометром. Данное значение связано с предыдущим, а также с весом человека и иными параметрами. Для мужчин это от 60 до 70% от массы тела, а у лиц женского пола – до 45%.

Становая мускульная сила, (мышц, разгибающих спину), на которую влияют половая принадлежность, возраст, масса тела и профессия.

Спирометрия. Измеряется выдыхаемый из легких объем (ЖЕЛ).

Наблюдение за ЧСС – простой способ, отражающий деятельность сердца и сосудов. Пульс обычного человека – от 60 до 80 уд/мин. Минимум обычно обнаруживают утром.

Ритмичность пульса. Или аритмичность, свидетельствующая о нарушениях функции дыхания (на вдохе чаще, а на выдохе – реже), что считается нормой, либо о чрезмерном напряжении.

Частота дыхания определяется с учетом возраста, уровня физической подготовки, интенсивности тренировки.

Изменения систем кровообращения и дыхания особенно важны. Они играют решающую роль при допуске к занятиям либо соревнованиям. Но также уделяют внимание артериальному давлению. Отклонениями от нормы считаются показатели от 130 на 80 мм рт ст. и выше, указывающие на гипертонические состояния. Если цифры ниже 100 на 60 мм рт. ст., устанавливают гипотонию.

По инициативе Кердо появилась формула с одноименным индексом (ИК). По ней вычисляют норму, применяя соотношение: ИК=Д/П, где:

Д – давление по минимуму;

П – пульс.

Известен факт: нормы минимального давления и пульса численно совпадают. То есть, у человека без нарушений индекс приблизительно равен единице. При отклонении в работе сердечно-сосудистой системы численное значение оказывается больше или меньше. Такие сбои имеют причиной неправильную нервную регуляцию.

Самостоятельно контролируют и физическое развитие: рост, вес, окружность груди, проводя замеры.

При занятиях физкультурой и различными видами спорта применяется занесение сведений в дневник самоконтроля. Учитываются работоспособность, эмоции, сон, аппетит. Измеряется пульс и иные объективные характеристики. Если в результате

ведения журнала выявлен значительный дискомфорт, переутомление, болевые ощущения, занятия прекращают. Дальнейшую корректировку назначают специалисты: медик, тренер.

Самоконтроль занимающихся физическими упражнениями и спортом помогает в расчете нагрузок. В данном факторе учитывают степень подготовленности, возраст. Но если становятся хуже сон или аппетит, загруженность и интенсивность уменьшают. А при очередных несоответствиях нормам здоровья рекомендуется консультация или обследование врача.

Итак, систематическое ведение записей практикуется, как самоконтроль при занятиях физическими упражнениями и видами спорта в следующих целях: учет занятий; отражение изменений; запись функциональных проб; проверка подготовленности; исследование двигательного режима за неделю.

По записям оценивают эффект от тренировок. Они отражают способы самоконтроля при занятиях физическими упражнениями и используемые средства. В результате письменной фиксации показателей возможны плановый расчет интенсивности тренингов, оптимизация чередования интервалов активности и отдыха. Дневник показывает, соблюдается ли режим.

Основы самоконтроля при занятиях физическими упражнениями и различными видами спорта относят пульс, ритмы дыхания к объективным значениям. ЧСС – особенно достоверная цифра, отражающая, как сердце реагирует на нагрузку. Она определяется количеством ударов за интервал: мин, 10 с. Проверка пульса проводится в покое и после активной работы. Степень натренированности человека определяется величиной учащения пульса в процентах. При этом частота покоя принимается за 100%. К примеру, если за 10 с спокойного состояния зафиксировано 12 ударов сердца, а после нагрузки – 20, то показатель учащения равен 67%.

Самоконтроль в процессе физического воспитания предполагает также оценку дыхательной функции. При нагрузках человек потребляет больше кислорода, который идет на снабжение мышц и мозга. Частота дыхания может свидетельствовать о ее величине, при норме принимая значение от 16 до 18 раз за мин. ЖЕЛ – другой важный параметр. Это объем при максимальном выдохе

после такого же предельно большого вдоха. Измеренная в литрах, данная цифра зависит от возраста, пола, габаритов тела и физической подготовки. Усредненное значение – от 3,5 до 5,0 литров у лиц мужского пола и от 2,5 до 4,0 у женщин.

Самоконтроль в процессе физического воспитания дополняется медицинским контролем, включающим комплексное обследование функций. Зачем это надо? Цель – изучение последствий нагрузок, полученных на занятиях по физкультуре. Так в вузах каждый год посредством осмотра выявляют 3 медицинские группы студентов.

Основная группа из них почти полностью не имеет отклонений. Эти лица могут быть участниками соревнований без ограничений выполнять все программы.

Подготовительная группа, с удовлетворительным развитием и состоянием. Здесь нагрузка увеличивается постепенно.

У лиц из специальной группы обнаружены хронические болезни, недуги, отклонения в развитии. Они занимаются по особой программе после консультации врача или преподавателя физкультуры.

Спортсмены проходят подобные осмотры дважды в год.

Частью самоконтроля является гигиена. В понятие входит правильная организация работы и отдыха, соблюдения режима дня, правил рационального питания. А также факторы гигиены тела, одежды, устранение тяги к наносящим вред привычкам. Соблюдение этого перечня – залог сохранения формы и работоспособности.

Коррекция содержания занятий физическими упражнениями и спортом по результатам контроля

В результате наблюдений выяснилось, что трети спортсменов потребовалась медицинская корректировка. А до 20% – исправление процесса проведения тренировок. К примеру, необходимо повысить аэробные и скоростные возможности, выносливость. Либо рекомендуется увеличение периодов отдыха. А также временное снижение объема, интенсивности нагрузки. Меры принимают по значениям пульса, состоянию дыхания, артериальному давлению, иным параметрам. Так при переутомлении, травмах уменьшают число тренировок. Период отдыха должен быть таким,

чтобы исходная работоспособность могла полностью восстановиться.

Если не откорректировать тренировочный режим, у занимающегося могут начаться серьезные нарушения – это боли в сердце, аритмия, повышения давления. Тренировки будут прекращены на более долгий срок, потребуется помощь врача. При восстановлении начинать придется с минимальных нагрузок в реабилитационном режиме. Индивидуализации и оптимизация занятий спортом – залог его эффективности при исключении вреда.

Контрольные вопросы

1. Общая физическая подготовка, ее цели и задачи.

2. Назвать субъективные показатели самоконтроля.

3. Назвать объективные показатели самоконтроля.

4. Дать определение самоконтроля при занятиях физической культурой и спортом.

5. Для чего нужен и что входит в дневник самоконтроля?

Рекомендуемая литература

1. Элективные курсы по физической культуре и спорту : учебное пособие / С. Н. Блинков, В. А. Мезенцева, С. Е. Бородачева. – Кинель : РИО СГСХА, 2018. – 161 с.

2. Физическая культура : учебное пособие / В. А. Мезенцева, А. Ф. Башмак. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2016. – 214 с.

3. Токарь, Е.В. Элективные дисциплины по физической культуре и спорту: общая физическая подготовка : учебное пособие / Е.В. Токарь. – Благовещенск : Амурский гос. ун-т, 2020 – 170 с.

4. Физическая культура : учебник / Л. В. Захарова, Н. В. Люлина, М. Д. Кудрявцев [и др.]. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. – 612 с.

5. Физическая культура. Организация самостоятельных занятий студентов физическими упражнениями : учебно-методическое пособие / Е. Б. Коломейцева, Н. Х. Гоберман. – Пермь, 2020. – 146 с.

6. Организация самостоятельной работы студента : учеб. пособие / Е. Н. Куклина, М. А. Мазниченко, И. А. Мушкина. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2018. – 235 с.

Оглавление

Предисловие 3

1. Общая физическая подготовка (ОФП): понятие, цели, задачи 4

2. Особенности физической нагрузки при занятиях ОФП. Дозирование нагрузок 6

3. Интенсивность физической активности 8

4. Общая физическая подготовка и гармоничное развитие личности. 9

5. Комплекс упражнений ОФП 10

6. Самоконтроль при занятиях спортом и физическими упражнениями 15

Рекомендуемая литература 22

Учебное издание

Аксенов Денис Александрович, Мезенцева Вера Анатольевна,
Башмак Александр Федорович

ЭЛЕКТИВНЫЕ КУРСЫ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ. ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Самостоятельная работа

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 17.11.2022. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,4; печ. л. 1,5.
Тираж 50. Заказ № 269.

Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Е. И. Артамонов

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА

Методические указания

для обучающихся по направлениям подготовки:
23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов;
35.03.06 Агроинженерия

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2023

УДК 338.462
ББК 65.206
А86

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

Артамонов, Е. И.

А86 Учебная практика : методические указания. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2023. – 24 с.

В методических указаниях определены цели и задачи учебных практик, рассмотрены организационно-правовые вопросы, даны рекомендации по организации работы обучающегося во время прохождения практики, представлены программы учебных практик и варианты индивидуальных заданий. Даны рекомендации по оформлению отчёта о прохождении практики.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлениям подготовки: 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов; 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2023
© Артамонов Е. И., 2023

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие указания являются организационно-методическим обеспечением учебных практик студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 35.03.06 Агроинженерия.

Практика студентов является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется приобретение умений и навыков, закрепление теоретического материала и подготовка студентов к профессиональной деятельности.

Данные методические указания, при ознакомлении сними студентом, позволят ему получить основные сведения о цели и задачах учебной практики. В них подробно раскрыта информация об организационных моментах, сроках проведения, этапах с порядком изучения тем, техника безопасности и меры ответственности в период проведения практических действий в слесарном и токарном отделении кафедры «Технический сервис» ФГБОУ ВО Самарского ГАУ. Также приведены: в приложениях варианты индивидуальных заданий, которые студенты должны выполнить в период прохождения практики; структура отчета с подробным описанием содержания разделов и требования по его оформлению и срокам сдачи и защиты.

1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Сроки проведения учебной практики устанавливаются в соответствии с рабочим учебным планом и календарным графиком учебного процесса на соответствующий учебный год с учётом требований федерального государственного образовательного стандарта.

Вопросы по организации, методическое руководство и место проведения учебных практик реализовываются, и проводятся в структурном подразделении академии – кафедра «Технический сервис».

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья выбор мест прохождения учебной практики производится с учетом состояния здоровья и требования доступности.

Для руководства практикой обучающихся в структурном подразделении университета кафедры «Технический сервис» назначается руководитель (руководители) практики из числа преподавателей кафедры, ведущих учебную практику.

Руководители практики от Университета:

– разрабатывают тематику индивидуальных заданий;

– утверждают индивидуальные задания на практику;

– составляют рабочий план (график) проведения практики;

– согласовывает индивидуальные задания, содержание и планируемые результаты практики;

– предоставляют информацию, необходимую для выполнения индивидуального задания практики, дают заключение по отчету с оценкой работы обучающегося (оформляется при заполнении соответствующего раздела дневника практиканта);

– принимают участие в распределении обучающихся по рабочим местам и перемещении их по видам работ;

– предоставляет рабочие места обучающимся и обеспечивает безопасные условия прохождения практики, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;

– осуществляют контроль соблюдения практикантом календарного графика, программы практики, правил внутреннего распорядка и трудовой дисциплины, привлекают его к общественной жизни коллектива и выполнению поручений, соответствующих видам будущей профессиональной деятельности;

– проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка;

– несут ответственность за соблюдение обучающимися правил техники безопасности;

– осуществляют контроль за обеспечением на кафедре условий труда и быта обучающихся;

– контролируют выполнение практикантами правил учебного трудового распорядка согласно графику;

– осуществляют контроль за соблюдением сроков практики и ее содержанием;

– оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий и сборе материалов для выполнения отчета о практике;

– оценивают результаты выполнения обучающимися программы практики: рассматривают отчеты о практике, принимают участие в работе комиссии по приему зачетов и выставляют на основании решения комиссии оценки по практике;

– представляют на кафедру отчет о результатах практики;

– обеспечивают своевременное представление отчетной документации о практике;

– предоставляют в деканаты факультетов результаты аттестации обучающихся по итогам практики.

Обучающиеся при прохождении практики обязаны:

– полностью выполнить индивидуальное задание на практику;

– соблюдать действующие правила внутреннего учебного распорядка кафедры «Технический сервис»;

– систематически отражать результаты своей деятельности в пункте отчета «выполненная работа на практике»;

– своевременно подготовить отчёт о результатах практики, оформленный согласно требованиям программы практики, и представить его руководителю практики от Университета;

– в установленный срок пройти промежуточную аттестацию, форма которой определяется учебным планом и программой практики.

Порядок проведения учебных практик:

В первый день учебной практики кафедра «Технический сервис» организует собрание для обучающихся, на котором им сообщают:

– учебная практика стационарна, будет проходить в условиях кафедры «Технический сервис», в аудиториях 3138, 3140;

– знакомят с целью, задачами и планом-графиком прохождения учебной практики;

– выдают индивидуальные задания;

– знакомят с руководителем (-ми) практики от Университета: преподавателями и учебными мастерами;

– дают разъяснения по организации и проведению практики в условиях механического и слесарного отделений кафедры согласно графику прохождения;
– осуществляется распределение и закрепление рабочих мест в зависимости от изучаемых тем и видов работ по аудиториям 3138, 3140.

Учебная практика обучающихся начинается с общего ознакомления – «экскурсии» – с материально-техническим оснащением механического и слесарного отделений кафедры. В этот период обучающийся знакомится:

– с учебными мастерами кафедры «Технический сервис»;

– распорядком учебного дня практики;

– с организационной структурой всей кафедры «Технический сервис», административной схемой управления, историей и перспективными планами её развития;

– ознакомление с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности на кафедре в период прохождения практики.

После общего ознакомления с рабочими местами на учебной практике в мастерских кафедры, обучающиеся под руководством преподавателей и учебных мастеров приступают к изучению и выполнению намеченных планом (графиком) тем и видов работ. В процессе изучения тем и выполнения работы обучающиеся получают необходимую технологическую и другую документацию. По возникшим в процессе изучения тем и выполнения практических заданий в слесарном и механическом отделении кафедры, консультируются с руководителем практики и (или) учебными мастерами.

В процессе прохождения учебной практики, обучающиеся должны ежедневно набирать теоритический материал для разделов отчета и записывать виды выполненных работ.

2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Целью учебной практики является формировании у обучающихся компетенций, первоначального практического опыта обработки конструкционных материалов слесарными и механическими способами, в том числе первичных умений и навыков трудовых приёмов в операциях производственных и технологических процессов, для последующего освоения ими профессиональных компетенций по избранному направлению подготовки, а также формирование профессионально важных качеств: техническое мышление, креативность, самостоятельность, организованность, внимательность. Практика закрепляет знания и умения, приобретаемые обучающимися в результате освоения теоретических курсов, и способствует комплексному формированию общепрофессиональных и профессиональных компетенций.

Задачами учебной практики являются:

– получение начальной практической подготовки по обработке материалов;

– приобретение практических навыков работы в токарном и слесарном отделениях;

– изучение технологических процессов изготовления отдельных деталей;

– ознакомление с технологической документацией, оборудованием и оснасткой (станки, приспособления, режущий инструмент), организацией рабочих мест.

– организация контроля технологических процессов;

– проводить измерительный эксперимент и оценивать результаты измерений;

– обеспечение безопасности эксплуатации оборудования;

– эффективное использование материалов, оборудования соответствующих алгоритмов расчетов параметров технологического процесса.

3. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ПРАКТИКИ

Общая трудоемкость учебной практики для направления подготовки: 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин комплексов» составляет 4 зачетных единицы, 144 часа; для направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Способ проведения учебной практики – стационарная.

Варьирование объема часов на выполнение программ учебной практики связано с разным набором изученных предшествующих дисциплин.

Прохождение учебной практики включает в себя следующие этапы:

– *подготовительный*. Включает в себя: знакомство с квалификационными характеристика профессии «слесарь» и «токарь», знакомство студента с его предстоящим рабочим местом и обеспечение прохождения всех обусловленных законодательством инструктажей по безопасности, изучение устройства и метро-логических характеристик СИ (международная система единиц), контроль действительного размера с помощью штангенциркуля и микрометра;

– *основной*. Включает в себя ознакомление с установочными текстами по токарному и слесарному делу и выполнение индивидуальных, групповых заданий по виду обработки конструкционных материалов и изготовлению штучных деталей по изучаемой теме.

Изучаемые темы по «Токарному делу»: знакомство с токарным станком и его управлением*; цилиндрическое точение, режимы резания*; наружные крепежные резьбы; внутренние крепежные резьбы; кинематические резьбы; нарезание резьбы резцом*; обработка конической поверхности; изготовление детали, (изделия) по технологической карте; исследовать изменение температуры режущего инструмента в процессе токарной обработки.

Изучаемые темы по «Слесарному делу»: рубка металлов по плоскости*, рубка металлов под угол, опиливание плоскости*, опиливание под угол, шабрение плоскости*, шабрение под угол плоскости, разметка, изготовление детали, (изделия) по технологической карте.

– *заключительный.* Включает в себя подготовку к зачёту.

Звездочкой * – *отмечены темы и виды работ, которые* ***не*** *изучают и, соответственно, не выполняют практические задания студенты направления подготовки 35.03.06 Агроинженерия.*

Основными литературными источниками по данному виду учебной практики являются [1-2].

4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ

4.1. Содержание отчета о учебной практике

Отчёт об учебной практике должен содержать обязательные разделы:

– *титульный лист (прил. 1);*
– *задание на практику (прил.2;*
– *оглавление;*
– *основные разделы отчёта;*
–. *список использованных источников;*
– *приложение.*

4.2. Рекомендации по выполнению основных разделов отчёта

– ***Краткая характеристика подразделения ФГБОУ ВО Самарского ГАУ кафедры «Технический сервис».*** В данном разделе приводится анализ видов деятельности, материально-технической оснащенности и профессорско-преподавательского состава кафедры «Технический сервис»*;

План механического участка с расстановкой оборудования. В разделе приводится план механического участка, на котором размещено оборудование в соответствии с реальными размерами относительно стен и друг друга в масштабе с указанием марок станков*;

Индивидуальное задание. В приложениях 4 – 6 представлены варианты заданий. Необходимо заполнить карту технологического процесса изготовления детали, согласно выданному варианту задания. Технологический процесс представляется в виде таблицы, в которой указывается: номера переходов, содержание переходов, эскизы установки заготовок, оборудование, инструменты, приспособления, измерительные инструменты, технологические указания режимов. Технологические указания режимов токарной обработки представлены в учебном пособии «Основы механической обработки конструкционных материалов». В этом же разделе приводится таблица результатов измерений температуры, режущей части инструментов, применённых в ходе изготовления детали на токарно-винторезном станке по варианту задания.

Работа, выполненная на практике. В период прохождения учебной практики обучающийся обязан ежедневно заполнять раздел отчета «Работа, выполненная на практике» в котором заносится информация об изучаемой теме и выполняемых практических заданиях, в соответствии с общим планом-графиком учебной практики. Записи в разделе должны быть ежедневными.

В разделе необходимо кратко излагать виды работ, выполненные на практике, а также встретившиеся в работе затруднения, их характер, какие меры были приняты для их устранения, отметить недостатки в теоретической подготовке. В конце практики раздел отчета должен быть подписан обучающимся, мастером и руководителем практики от университета.

Каждый подраздел основной части отчета должен заканчиваться краткими выводами.

Выводы и предложения – в этом разделе приводятся общие и частные выводы по каждому разделу основной части отчёта в которых отражается суть выполненной работы и полученного результата;

Список использованных источников. В данном разделе приводится литература, использованная в процессе прохождения учебной практики и при оформлении отчёта;

Приложения. В данный раздел выносятся лист протокола защиты отчёта и сопутствующая справочная, и графическая информация, используемая в разделах отчёта.

4.3. Требования к оформлению отчета об учебной практике

Текстовая часть отчета выполняется по разработанной на кафедре форме от руки либо на компьютере на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30, правое – 10,

верхнее – 20, нижнее – 20 мм. При выполнении текстовой части на компьютере страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Тип шрифта: *Times New Roman*. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал: полуторный. Шрифт текста в таблицах: обычный, размер 12 пт.

4.4. Аттестация по итогам учебной практики

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по учебной практике является зачёт. В качестве основной формы и вида отчётности устанавливается письменный отчёт.

При этом студент должен по окончании практики сразу или не позднее четырех недель с начала учебного семестра, следующего за практикой, сдать отчёт на проверку руководителю практики от университета. Если отчёт выполнен в соответствии с поставленными требованиями, то защита осуществляется сразу после окончания практики или в последующие четыре недели перед комиссией следующего семестра. Сроки проведения защиты отчетов и состав комиссии назначается заведующим кафедрой. В состав комиссии входят заведующий кафедрой, руководитель практики от университета, он же ведущий преподаватель кафедры и другие преподаватели ведущие учебные практики.

Критерии и шкала оценивания прохождения обучающимися учебной практики:

Оценка *«зачтено»* - предполагает, что студент выполнил в срок и на необходимом уровне весь намеченный объём работы в соответствии с индивидуальным заданием на практику; продемонстрировал в ходе практики необходимый уровень обладания всеми, предусмотренными требованиями к результатам практики, сформированности компетенций; оформил отчёт в соответствии с требованиями и в установленный срок; проявил самостоятельность, творческий подход и необходимый уровень подготовки по вопросам профессиональной деятельности, организации работы коллектива, самоорганизации в ходе защиты отчёта; в ходе защиты отчета продемонстрировал умение излагать материал в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотно;

Оценка *«не зачтено»* - не выполнил задание практики, не смог в ходе практики продемонстрировать сформированность компетенций, предусмотренных требованиями к результатам практики; письменный отчёт не соответствует установленным требованиям, дневник практики составлен не в соответствии с предъявляемыми требованиями, не содержит ежедневных сведений о действиях, выполняемых студентом практикантом.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артамонов, Е. И. Основы механической обработки конструкционных материалов : практикум / Е. И. Артамонов, В. В. Шигаева, М.П. Ерзамаев. – Кинель : Самарский ГАУ, 2022. – 135 с.

2. Ташаев, И. А. Обработка наружных цилиндрических и торцевых поверхностей : методические указания. – Оренбург : ОГУ, Издательство «rukont» 2013. – Режим доступа: http:// rukont.ru/efd/227485.

3. Оськин, В. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов : учебник / В. А. Оськин, В. В., Евсиков. – Кн.1. – М. : КолосС, 2008. – 447 с .

4. Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела : учебник / Н. И. Макиенко. – 5 изд. – М. : Высшая школа, 2002. – 334 с.

5. Покровский, Б. С. Слесарное дело: иллюстрированное : учебное пособие / Б. С. Покровский, В. А. Скакун. – 3-е изд., стер. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 30 плакатов.

6. Слесарное дело : практическое пособие / Е. М. Костенко. – М. : ЭНАС, 2006. – Режим доступа: http: //rucont.ru/efd/ 178894?cldren=0.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа отчёта прохождения практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

кафедра «Технический сервис»

ОТЧЁТ
об учебной практике:
«Название практики в соответствии с учебным планом,
направлением и профилем подготовки обучающегося»
в условиях кафедры «Технический сервис»

Выполнил:
Студент ____ курса
Группы _____
направления подготовки _____
личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)

К защите
допущен: _____ / _____ /
(подпись) *(инициалы, фамилия)*

_____ / _____ /
_____ / _____ /
Оценка _____ _____ / _____ /
(цифрой и прописью) *подписи членов комиссии* *(расшифровка подписи)*

Самара 2023

Приложение 2

Образец задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет: Инженерный
Кафедра: Технический сервис
Направление:_____

ЗАДАНИЕ
на учебную практику:
«Название практики в соответствии с учебным планом,
направлением и профилем подготовки обучающегося»

Обучающийся _____ Курс, группа_____ И-1-Х
Приказ от _____ №_____
Наименование базовой организации: Кафедра «Технический сервис»
Сроки прохождения практики с_____ по _____20 __ г.

Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов: _____
_____
_____
_____
_____

Индивидуальное задание_____
_____
_____
Дата выдачи задания_____
Руководитель практики _____/_____
(подпись) *(инициалы, фамилия)*
Ознакомлен _____/_____
(подпись) *(инициалы, фамилия обучающегося)*

Приложение 3

Образец раздела отчета основной части
«Работа, выполненная на практике»

РАБОТА, ВЫПОЛНЕННАЯ НА ПРАКТИКЕ

Сроки прохождения практики с __.__.20__ по __.__.20__ года.

Таблица П.3.1

Дата и место прохождения.	Вид работы
1	2
	Изучение теоретических тем: Знакомство с квалификационными характеристика профессии «слесарь» и «токарь». Знакомство каждого студента с его предстоящим рабочим местом и обеспечение прохождения всех обусловленных законодательством инструктажей по безопасности. Изучение устройства и метрологических характеристик СИ. Контроль действительного размера с помощью штангенциркуля и микрометра. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Плоская и объёмная разметка заготовок. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Рубка металлов по плоскости, Рубка металлов под угол. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Опиливание плоскости, опиливание под угол. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Шабрение плоскости, шабрение под угол плоскости. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Знакомство с токарным станком и его управлением. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Цилиндрическое точение, режимы резания Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Технологический процесс изготовления болта с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Технологический процесс изготовления гайки на токарно- винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы:

Окончание табл. П.3.1

1	2
	Кинематические резьбы. Нарезание резьбы резцом на токарно-винторезном станке. Выполнение практических заданий: …
	Изучение теоретической темы: Обработка конической поверхности Выполнение практических заданий: …
	Изготовление детали, (изделия) по технологической карте.
	Исследовать изменение температуры режущего инструмента в процессе токарной обработки.
	Консультация руководителя практики
	Оформление отчета
	Защита отчета

Руководитель практики _____/_____
(подпись) *(инициалы, фамилия)*

Учебный мастер _____/_____
(подпись) *(инициалы, фамилия)*

Приложение 4

Индивидуальное задание

1. Согласно выданному варианту задания (табл. П.4.1) заполнить технологическую карту на изготовление детали болт (табл. П.4.2).
2. Изготовить деталь на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой.
3. Провести измерение температуры режущей части инструментов в процессе изготовления детали.

Таблица П.4.1

Варианты заданий технологического процесса изготовления детали «болт» на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой

Размер детали	№ варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
d	6	8	10	12	14	16	18	20	22
ℓ	40	45	50	55	60	65	70	75	80
ℓ_1	20	25	25	30	30	35	35	40	40
H	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,8

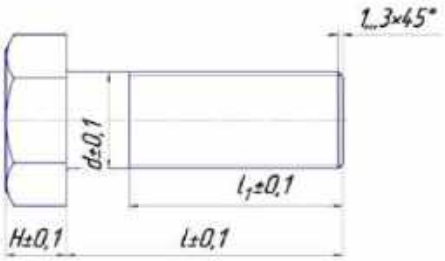
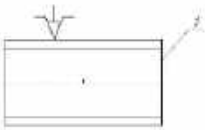
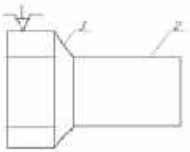
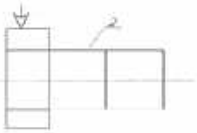


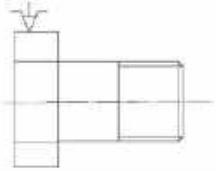
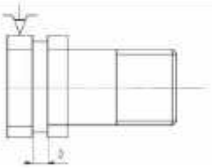
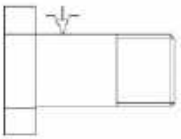
Рис. П.4.1. Болт

Таблица П.4.2

Технологическая карта изготовления болта на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы плашкой

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление. Станок токарно-винторезный 1616, Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Технологические указания режимов
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Установить заготовку в станок		Ключ патрона	Размер заготовки d+7 мм вылет ℓ+H÷2d мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной	n=200-400 мин$^{-1}$
3	Проточить поверхность 2 на длине ℓ до диаметра d+0,5		Резец проходной	t=1-1,5 мм n=300-400 мин$^{-1}$
4	Подрезать торец 3		Резец подрезной	n=300-400 мин$^{-1}$
5	Проточить поверхность 2 на длине l до диаметра d мм		Резец подрезной	t=0,1-0,2 мм S =min n= 350-400 мин$^{-1}$
6	Проточить поверхность на длине ℓ_1 до диаметра d, мм		Резец проходной	t=0,05-0,1мм S=min +--=350-400 мин$^{-1}$ $d_{ст}$=d-0,1S

Окончание табл. П.4.2

1	2	3	4	5
-	Снять фаску (1…3×45°)		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
8	Нарезать резьбу диаметром d на длине l_1		Плашка с держателем	n=min. Поверхность смазывать, движение возвратно-поступательное
9	Отрезать болт на длине ℓ+H+0,5		Резец отрезной	n=200-300 мин$^{-1}$ h=1,5-2 длины режущей кромки резца
10	Вынуть заготовку, перевернуть закрепить в патроне		Ключ патрона	При закреплении не повредить резьбу
11	Подрезать торец до размера H		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
12	Снять фаску		Резец проходной	n=300-350 мин$^{-1}$
13	Вынуть болт, проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

Приложение 5

Индивидуальное задание

1. Согласно выданному варианту задания (табл. П.5.1) заполнить технологическую карту на изготовления детали гайка (табл. П.5.2).
2. Изготовить деталь на токарно-винторезном станке с нарезанием наружной метрической резьбы метчиком.
3. Провести измерение температуры режущей части инструментов в процессе изготовления детали.

Таблица П.5.1

Варианты заданий технологического процесса изготовления гайки на токарно-винторезном станке с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком (значение необходимо рассчитать или выбрать по справочным данным [1])

№ варианта задания	Диаметр резьбы номинальный, $d_{н.резьб}$, мм	Диаметр сверла отверстия, $D_{св}$, мм	Высота гайки, H, мм	Размер шестигранника, B, мм
1	6	–	–	–
2	8	–	–	–
3	10	–	–	–
4	12	–	–	–
5	6	–	–	–
6	8	–	–	–
7	10	–	–	–
8	12	–	–	–
9	6	–	–	–

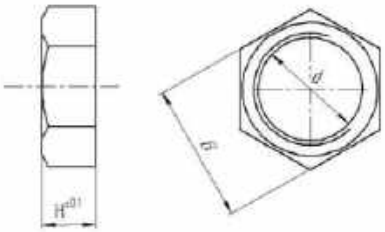
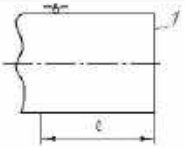
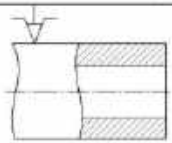
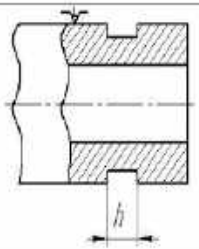
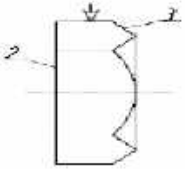


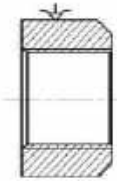
Рис. П.5.1. Гайка

Таблица П.5.2

Технологическая карта процесса изготовления гайки
на токарно-винторезном станке
с нарезанием внутренней метрической резьбы метчиком

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление. Станок токарный-винторезный 1616 Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	Технологические указания режимов
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Установить шестигранник в патроне		Ключ патрона	Размер заготовки d+7 мм вылет ℓ=H+15 мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной	
3	Установить сверло в заднюю бабку		Переходные втулки	$d_{св} = d - S$
4	Сверлить отверстие на глубину H+4 мм		Сверло	n=100-200 об/мин$^{-1}$
5	Отрезать заготовку на длине H+0,5 мм		Резец подрезной	n=200-300 об/мин$^{-1}$ h=1,5+2 длины режущей кромки резца
6	Вынуть шестигранник из патрона		Ключ патрона	
7	Установить заготовку в патрон		Ключ патрона	При закреплении не перекашивать
8	Подрезать торец 2 до размера $H^{\pm 0,1}$		Резец проходной	n=200-400 об/мин$^{-1}$
9	Снять фаску 3		Резец проходной	n=200-400 об/мин$^{-1}$

Окончание табл. П.5.2

1	2	3	4	5
10	Нарезать резьбу		Метчик. Вороток метчика	n=min n=6-9 мин$^{-1}$ Режущую часть метчика смазать индустриальным маслом. Размеры в пределах допусков
11	Вынуть гайку провернуть размер по чертежу		Ключ патрона	

Приложение 6

Индивидуальное задание

1.Согласно выданному варианту задания (табл. П.6.1) заполнить технологическую карту на изготовления детали «двухступенчатый вал» (табл. П.6.2)

2.Изготовить деталь на токарно-винторезном станке.

3.Провести измерение температуры режущей части инструментов в процессе изготовления детали.

Таблица П.6.1

Варианты заданий технологического процесса изготовления двухступенчатого вала

№ варианта задания	Диаметр большей ступени вала D, мм	Диаметр меньшей ступени вала d, мм	Длина детали L, мм	Длина меньшей ступени вала l, мм
1	15	7	20	7
2	16	8	21	8
3	17	9	22	9
4	18	10	23	10
5	19	11	24	11
6	20	12	24	12
7	21	13	26	13
8	22	14	27	14
9	23	15	28	15

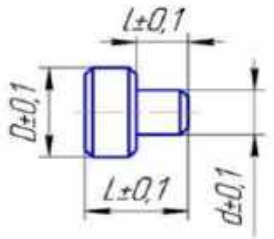
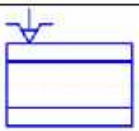
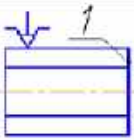
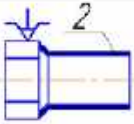
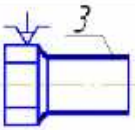
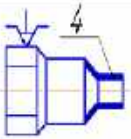
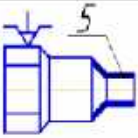


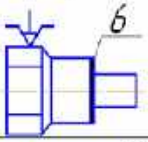
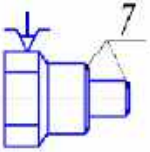
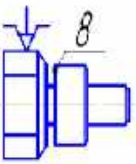
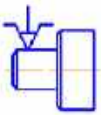
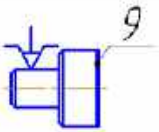
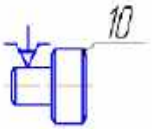
Рис. П.6.1. Двухступенчатый вал

Таблица П.6.2

Технологическая карта процесса изготовления двухступенчатого вала

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление	Режимы
			Станок токарно-винторезный 1616, Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1	
1	2	3	4	5
1	Установить шестигранник в патроне		Ключ патрона	Размер заготовки D + 1,5, мм вылет L=l+15, мм
2	Подрезать торец 1		Резец проходной или подрезной	n=200-400 мин$^{-1}$
3	Проточить поверхность 2 начерно на длине ℓ +10 мм до диаметра D+0,5 мм		Резец проходной	t = 1-1,5мм n = 300-400 мин$^{-1}$
4	Проточить поверхность 3 начисто на длине ℓ+10мм до диаметра D мм		Резец проходной	t = 0,1-0,2 мм n = 300-400 мин$^{-1}$
5	Проточить поверхность 4 начерно на длине ℓ мм до диаметра d+0,5 мм		Резец проходной	t = 1-1,5 мм n = 300-400 мин$^{-1}$
6	Проточить поверхность 5 начисто на длине ℓ м до диаметра d мм		Резец проходной	t = 0,1-0,2 мм n = 300-400 мин$^{-1}$

Окончание табл. П.6.2

1	2	3	4	5
7	Подрезать торец 6		Резец подрезной	n = 300-400 мин$^{-1}$
8	Снять фаски 7 (1… 3×45°)		Резец проходной	n = 300-350 мин$^{-1}$
9	Отрезать вал 8 на длине ℓ +0,5 мм		Резец отрезной	n = 200-300 мин$^{-1}$ h=1,5-2 длины режущей кромки резца
10	Вынуть заготовку, перевернуть, закрепить в патроне		Ключ патрона	При закреплении не повредить поверхность захвата
11	Подрезать торец 9 до размера *L*		Резец проходной или подрезной	n = 300-350 мин$^{-1}$
12	Снять фаски 10		Резец проходной	n = 300-350 мин$^{-1}$
13	Вынуть вал. проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

Оглавление

Предисловие 2
1. Организационные основы учебной практики 4
2. Цели и задачи учебной практики 6
3. Программа учебной практики 7
4. Отчетность по учебной практике 8
4.1. Содержание отчета о учебной практике 8
4.2. Рекомендации по выполнению основных разделов отчёта 8
4.3. Требования к оформлению отчета об учебной практике 9
4.4. Аттестация по итогам учебной практики 10
Рекомендуемая литература 11
Приложения 12

Учебное издание

Артамонов Евгений Иванович

УЧЕБНАЯ ПРАКТИКА
Методические указания

Подписано в печать 18.04.2023. Формат 60×84/16
Усл. печ. л. 1,4 печ. л. 1,5.
Тираж 50. Заказ № 88.

Отпечатано с готового оригинал-макета
Издательско-библиотечный центр Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации
Федеральное государственное
образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ПРАКТИКА ПО ПОЛУЧЕНИЮ ПЕРВИЧНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УМЕНИЙ И НАВЫКОВ ПО ОБСЛУЖИВАНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Методические указания

Кинель
РИО СамГАУ
2019

УДК 378.147(075)
ББК 40.70 я7
П69

Авторы:
А.М. Петров, В.И. Есипов, Ю.А Савельев, С.А. Иванайский, О.М. Парфенов, С.А. Васильев, С.В. Денисов, А.С. Грецов

П69 Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техники : методические указания / А.М. Петров, В.И. Есипов, Ю.А. Савельев, С.А. Иванайский, [и др.]. – Кинель : РИО Самарского ГАУ, 2019. – 58 с.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения учебной технологической практики, список рекомендуемой учебной литературы, контрольные вопросы. Учебное издание предназначено для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2019
© Коллектив авторов, 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное издание является методическим обеспечением учебной практики студентов обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 – Агроинженерия.

Практика обучающихся по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется подготовка обучающихся к профессиональной деятельности.

Разработанные методические указания определяют цель и задачи учебной практики, форму организации и специфику выполнения работы.

Цель методических указаний – способствовать закреплению основ теоретического обучения и практических навыков полученных при выполнении практических и лабораторных работ предшествующих учебной практики; подготовка обучающегося к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению исследований в рамках выпускной квалификационной работы.

Настоящее методическое руководство составлено в соответствии с программой по практике по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой и предназначено для выполнения обучающимися работ по выполнению технологии сельскохозяйственных операций. Материал изложен в виде описания сельскохозяйственных машин, их подготовки к работе, агротехнических требований и отдельных заданий.

Методические указания содержат теоретический материал, задания для выполнения учебной технологической практики, список рекомендуемой учебной литературы, контрольные вопросы.

ПАМЯТКА

по технике безопасности обучающемуся при прохождении практики по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техникой

Общие положения

1. Не приступай к работе до проведения преподавателем или учебным мастером вводного инструктажа на рабочем месте.

2. При переходе на другой вид работы также пройди инструктаж по технике безопасности.

3. Во время работы будь предельно внимательным и аккуратным. Помни, что лихачество, спешка, нарушения трудовой дисциплины ведут к несчастным случаям.

4. Немедленно прекрати работу, если при ее выполнении создался условия, угрожающие жизни или здоровью работающих. Сообщи об этом преподавателю или учебному мастеру.

5. Отдыхая только в установленных местах, помни, что особенно опасно отдыхать в борозде, высокой траве или непосредственно на поле, в копнах соломы, кустарнике.

6. Любые операции по уходу за агрегатом (очистку, смазку, подтяжку креплений), устранение неисправностей и т.п., производи при остановленном агрегате и выключенном вале отбора мощности. При необходимости нужно заглушить двигатель.

7. Во время движения агрегата не спрыгивай и не садись на машину, не переходи с одной машины на другую, не забегай спереди движущегося агрегата.

Правила техники безопасности при обслуживании сельскохозяйственных машин

Почвообрабатывающие машины

1. Очищай рабочие органы специальными чистиками или крючками, в рукавицах, рабочие органы при этом должны быть на поверхность поля или площадки.

2. При смене рабочих органов опасайся порезов острыми кромками.

3. При обслуживании машины, орудия – поднятое его положение нужно обеспечивать не гидроцилиндром, а подставками.

4. Не оставляй зубовые бороны вверх зубьями.

Посевные машины

1. Одновременное обслуживание одним рабочим двух и более сеялок запрещается.

2. При обслуживании сеялок убедись в прочности подножной доски с бортиком спереди и барьером сзади, наличии поручней.

3. Разравнивай семена в семенном ящике деревянной лопатой, очищай высевающие аппараты крючком из проволоки, сошники – металлическим чистиком.

4. Не производи ремонт, замену или регулировку сошников при их поднятом состоянии.

5. Подъем и опускание маркеров производи при остановленном агрегате. Поднятый маркер зафиксируй шплинтом специальной конструкции.

6. Не касайся руками вращающихся элементов конструкции трактора и сельскохозяйственной машины во время ее работы.

Машины для защиты растений

1. Для работы с машинами для защиты растений допускаются люди, имеющие спецподготовку.

2. При работе с ядохимикатами рабочие должны иметь допуск и быть одеты в спецодежду, иметь устройства для защиты органов дыхания.

3. Запрещается работать на опрыскивателе, если давление в нагнетательной сети машины превышает 2,5 МПа (25 кг/см2).

4. После окончания работы, во время перерыва на обед или перед курением необходимо тщательно вымыть лицо и руки.

Правила пожарной безопасности

1. Перед работой проверь наличие на агрегате первичных средств пожаротушения, отсутствие подтекания топлива, наличие пробок на топливных баках.

2. Периодически очищай машину от сгораемых материалов.

3. Заправляй машину топливом в светлое время суток.

4. Периодически смазывай подшипники не допускай их перегрева.

5. Не кури и не пользуйся открытым огнем при заправке машины и вблизи ГСМ.

Оказание первой помощи при несчастных случаях

Исход несчастного случая во многом зависит от своевременно и правильно оказанной первой помощи.

При порезах и других травмах, связанных с повреждением кожи, обработай рану ватным тампоном, смоченным йодной настойкой и наложи тугую повязку чистым бинтом, марлей.

При сильных кровотечениях конечностей наложи жгут выше поврежденного места и затягивай его до прекращения кровотечения. При транспортировке пострадавшего в течение длительного времени или до прибытия медицинского работника периодически ослабляй жгут для оттока крови.

При переломах конечности наложи шину (деревянную рейку), слегка вытянув переломанную конечность. При отсутствии шины перибинтуй к туловищу руку, ногу – к здоровой ноге.

При ожогах обработай края обожженного участка кожи ватным тампоном, смоченным спиртом, перекисью водорода или раствором марганцево-кислого калия. Наложи на обожженный участок чистую сухую повязку, не затягивая её туго.

При попадании на кожу агрессивных жидкостей (кислот, растворов ядохимикатов) быстро промой пораженный участок содовым раствором, а затем обильно промой водой.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ПРАКТИКИ

При выполнении заданий обучающиеся должны повторить или изучить, если необходимо, конструкцию машины, ее работу и регулировки, освоить приемы управления трактором и сельскохозяйственной машиной, подготовить агрегат к работе, уяснить и определить при работе агрегата на полигоне его качественные

показатели. Особое внимание нужно уделять вопросам техники безопасности при работе отдельных машин и агрегатов в целом.

Все работы выполняется самостоятельно группой обучающихся или звеном из нескольких человек под руководством преподавателя и учебного мастера.

Обучающиеся для выполнения работ должны использовать площадки в учебном парке для регулировки машин, полигон для выполнения сельскохозяйственных операций, учебное оборудование и литературу, списки которых приводятся в каждом задании.

Пользуясь литературой, обучающиеся вначале усваивают теоретические вопросы задания, затем с указанным оборудованием готовят агрегат к работе в поле. После этого, они вслед за агрегатом выходят (или выезжают) на полигон для определения качественных показателей работы машин. В процессе выполнения полевых работ обучающиеся, определенные звеньевым, записывают результаты измерений, составляют необходимые схемы, таблицы, графики. По каждой работе все обучающиеся должны составить отчет, который оформляется в печатном виде, его содержание и объем определены заданием. При сдаче зачета оформленный отчет предъявляется преподавателю.

РАБОТА № 1. ПОДГОТОВКА НАВЕСНОГО ПЛУГА К РАБОТЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО РАБОТЫ В ПОЛЕ

1. Задание.

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить навесной плуг ПЛН-5-35 к работе и отрегулировать его на заданные параметры работы.

1.1.2. Определить показатели работы плуга в поле (на полигоне).

1.2. Содержание работы.

Повторить назначение, техническую характеристику, устройство, технологический процесс работы плуга ПЛН-5-35.

Повторить регулировки плуга.

Подготовить плуг к работе.

Выполнить регулировки плуга на площадке в учебном парке.

Уяснить показатели работы плуга.

1.2.6. Проверить качество работы плуга в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Технологические регулировки плуга ПЛН-5-35 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.avtomash.ru/katalog/pred/sht/sem/pln535_pas.html?PHPSESSID=gr3fq5ch10da9m7qckr9o3aes2 – Загл. с экрана.

1.3.3. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 1.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Инструмент	Количество
Пахотный агрегат	1
Лента металлическая 20 м	1
Рулетка 10 м	1
Колышки деревянные длиной 1 м (вешки)	5
Колышки деревянные длиной 50 см	20
Бороздомер	2
Секундомер	1
Шпагат	50
Шприц для смазки	1
Линейка металлическая 40 см	2
Комплект слесарного инструмента	1
Угольник деревянный	1
Монтировка	1
Подставка под опорное колесо плуга	1

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках плуга, выявленных при подготовке его к работе, способы устранения этих недостатков.

– порядок регулировки плуга на заданную глубину вспашки.

– описать показатели работы плуга, их определение, числовые значения показателей при работе пахотного агрегата (таблицы), средние значения показателей сравнить с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснения к работе № 1

2.1. Назначение плуга ПЛН-5-35

Навесной плуг ПЛН-5-35 применяется для вспашки старопахотных почв на глубину до 0,30 м.

2.2. Техническая характеристика плуга ПЛН-5-35

Таблица 1.2

Техническая характеристика и устройство плуга ПЛН-5-35

Показатель	Единица измерения	Значение показателя
Ширина захвата	м	1,75
Глубина обработки	м	до 0,30
Рабочая скорость	м/с; км/ч	до 2,7; 10
Производительность в час чистой работы в агрегате с трактором ВТ-100 в агрегате с трактором Т-150	га/час	 0,76 1,29
Предельное удельное сопротивление почвы	$кН/см^2$	9
Ширина поворотной полосы	м	12
Дорожный просвет	м	0,25
Расстояние: от опорной поверхности корпуса до нижней плоскости рамы между носками лемехов по ходу плуга	мм	 620 800
Масса	кг	660

2.3. Общее устройство плуга ПЛН-5-35

Плуг ПЛН-5-35 включает в свою конструкцию следующие основные узлы: рама, корпуса, предплужник, дисковый нож, опорное колесо, навеска и прицепка для борон.

Рабочие органы плуга

Основные рабочие органы плугов, установленных на раме: основной корпус, предплужник, дисковый нож.

Вспомогательные рабочие органы и механизмы: опорно-регулировочное колесо, навесное устройство, подъемно-установочные механизмы колес.

Плуг оснащен приспособлением для присоединения борон или катка. Агрегатируется с тракторами тягового класса 30 кН.

Агрегат обслуживается одним механизатором.

Рама треугольной формы, безгрядильная. Рама плуга состоит из основного бруса, поперечного бруса и продольного (Рис.1).

Конструкция корпуса позволяет значительно расширить область применения плуга, комплектуя его сменными деталями различных форм отвально-лемешных поверхностей, а также почвоуглубителями и выдвижными долотами. При этом заменяются только башмаки с отвалом, лемехом и полевой доской.

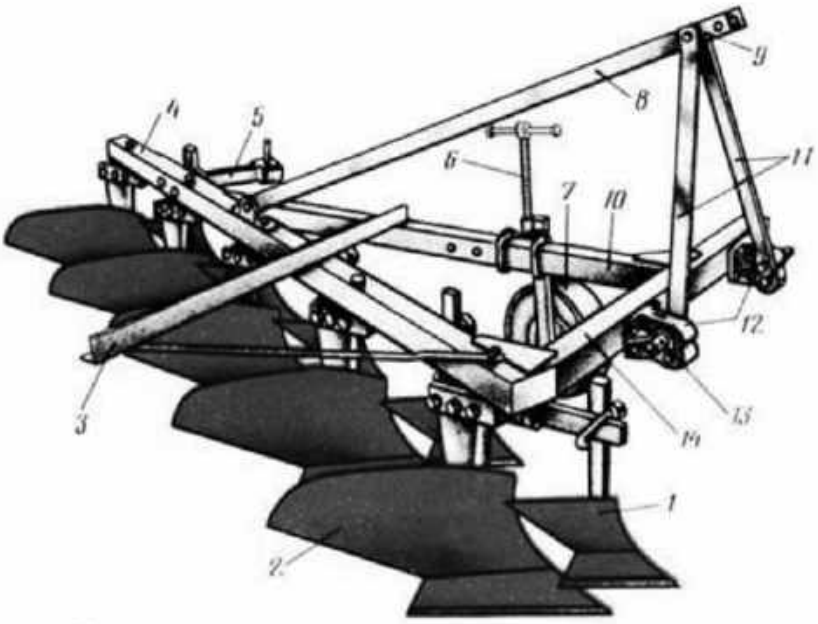


Рис.1. Общий вид навесного плуга:
1 – предплужник; 2 – корпус; 3 – прицепка для борон; 4 – балка жесткости; 5 – дискового ножа; 6 – винт регулировки глубины вспашки; 7 – опорное колесо; 8 – раскос; 9 – присоединительная проушина; 10 – продольная балка; 11 – подкосы навески; 12 – кронштейны присоединительных пальцев; 13 – присоединительные пальцы; 14 – поперечный брус рамы

Основной корпус плуга

Основной корпус плуга состоит из стойки, отвала, лемеха, башмака и полевой доски.

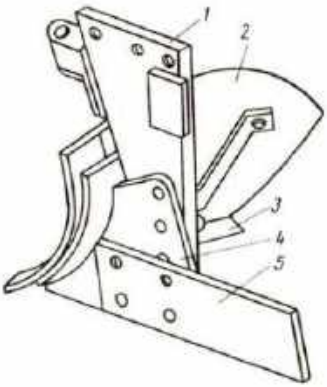


Рис. 2. Основной корпус плуга:
1 – стойка; 2 – отвал; 3 – лемех; 4 – башмак; 5 – полевая доска

Предплужник

Предплужник – это дополнительный рабочий орган, применяется с основным рабочим органом.

Предплужники скоростные с усиленной стойкой, регулируемые по высоте, устанавливают их впереди каждого корпуса на кронштейнах, закрепленных к стойкам корпусов.

Предплужник состоит из лемеха, отвала, стремянки, державки и стойки.



Рис.3. Предплужник:
1 – лемех; 2 – отвал; 3 – стремянка; 4 – державка; 5 – стойка

Дисковый нож

Дисковый нож расположен перед полевым обрезом последнего корпуса, закреплен шарнирно на консоли и вращается на двух шарикоподшипниках одноразовой смазки.

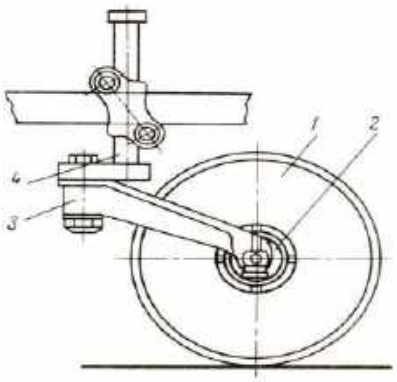


Рис.4. Дисковый нож:
1 – диск; 2 – ступица; 3 – вилка; 4 – стойка

Навесные устройства плуга

Навесные устройства плуга могут быть в классическом исполнении и в виде замка автосцепки.

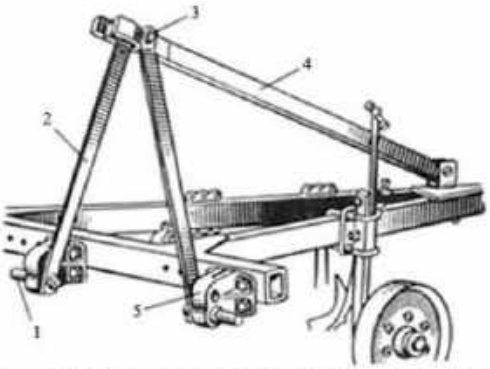


Рис.5. Классическое навесное устройство:
1 – палец; 2 – стойка; 3 – болт; 4 – догружатель; 5 – кронштейн

Классическое навесное устройство состоит из пальца, стойки, болта, догружателя, кронштейна.

Навесное автосцепное устройство состоит из замка, догружателя, рукоятки, щеки, пальца, рамки, фиксатора.

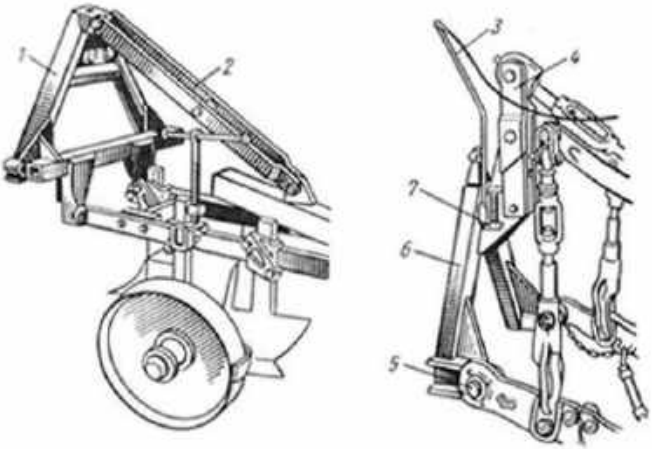


Рис.6. Навесное автосцепное устройство:
1 – замок; 2 – догружатель; 3 – рукоятка; 4 – щека;
5 – палец; 6 – рамка; 7 – фиксатор

Опорное колесо

Опорное колесо, служащее для установки глубины вспашки при помощи винтового механизма, смонтировано на полуоси, вращается на двух конических роликоподшипниках и закреплено при помощи стойки на раме плуга. На стойке имеется условная шкала для ориентировки при определении глубины пахоты.

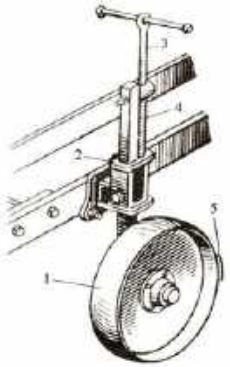


Рис.7. Опорно-регулировочное колесо с механизмом установки:
1 – опорно-регулировочное колесо; 2 – кронштейн;
3 – винт; 4 – стойка; 5 – чистик

Технологический процесс работы навесного плуга ПЛН-5-35

Пахотный агрегат заезжает на загонку с плугом в транспортном положении. При движении агрегата плуг переводится в рабочее положение, каждый лемех заглубляется и подрезает пласт почвы, предварительно крошит его и транспортирует на отвал, где пласт дополнительно крошится, оборачивается на определенный угол и отбрасывается направо. При этом пожнивные остатки сбрасываются с поверхности поля на дно борозды. Для улучшения качества заделки пожнивных остатков и крошения почвы, установленный перед каждым корпусом предплужник срезает пласт почвы на глубину 1/3 глубины основной обработки и шириной 2/3 ширины захвата основного корпуса и сбрасывает срезанный объем на дно борозды формируемой впереди идущим основным корпусом.

На границе вспаханного и невспаханного участка поля перед последним корпусом устанавливается дисковый нож, обеспечивающий стабильность работы последнего корпуса и в целом всего плуга.

В конце загонки, в движении плуг переводится в транспортное положение. Глубина обработки регулируется опорно-регулировочным колесом.

2.4. Подготовка к работе и регулировки плуга ПЛН-5-35

При подготовке плуга к работе проверяют правильность его сборки и техническое состояние, расстанавливают рабочие органы на раме, подготавливают также трактор и соединяют его с плугом, настраивают агрегат на заданные условия пахоты.

Перед подготовкой плуга к работе нужно тщательно проверить его комплектность, очистить рабочие поверхности от смазки, растительности и налипшей почвы, смазать все трущиеся части в соответствии с заводской инструкцией, подтянуть, если это необходимо, резьбовые соединения.

Качество сборки плуга, его рабочих органов и механизмов проверяется на ровной площадке.

Правильно собранный корпус плуга должен удовлетворять следующим требованиям:

Полевые обрезы лемеха и отвала должны лежать в одной вертикальной плоскости и выступать за поверхность стойки на 5-6 мм. Отклонение верхней точки полевого обреза отвала от вертикальной плоскости допускается в сторону пашни не более 10 мм.

Отклонение плоскости полевого обреза отвала в сторону непаханого поля не допускается.

Полевая доска должна лежать в плоскости, параллельной движению агрегата. Отклонение пятки полевой доски в сторону борозды не более 5 мм.

Лезвие лемеха должно быть острым. Толщина лезвия лемеха не более 1 мм. Тупое лезвие может привести к резкому увеличению тягового сопротивления плуга.

Поверхность отвала не должна иметь трещин, царапин и вмятин.

Стык лемеха с отвалом на рабочей поверхности не более 1 мм. Превышение отвала над лемехом не допускается; превышение лемеха над поверхностью отвала не более 2 мм.

Головки лемешных болтов и болтов, крепящих отвал и полевую доску, должны лежать заподлицо с поверхностями. Допускается лишь их утопание на 1 мм, выступание головки над поверхностями не допускается.

Требования к собранному предплужнику, в основном, аналогичны требованиям к корпусу.

После проверки рабочих органов плуг устанавливают на ровной площадке так, чтобы корпусы касались лезвиями лемехов поверхности площадки, а рама плуга была горизонтальна.

Далее проверяется правильность расстановки лемехов. Лезвия лемехов должны быть параллельны, а пятки и носки лемехов должны лежать на двух параллельных прямых. Это проверяется протягиванием шпагата через носки и пятки лемехов. Отклонение не должно превышать ±5 мм.

Линия, соединяющая носок лемеха и задний конец полевой доски, должна быть параллельна направлению движения агрегата, т.е. должна лежать в плоскости полевой стороны корпуса. Отклонение заднего конца полевой доски в сторону борозды допускается не более чем на 5 мм.

У долотообразных лемехов носок должен располагаться на 10 мм ниже пятки лемеха и заднего конца полевой доски и выступать в сторону поля на 5 мм.

Далее проверяется правильность расстановки лемехов.

Долотообразные лемеха должны соприкасаться с площадкой только носками; причем правые концы их должны быть подняты над поверхностью площадки на 10 мм. Лезвия лемехов у всех

корпусов должны: быть параллельны, носки лемехов и правые их концы – лежать на двух параллельных прямых. Это проверяется протягиванием шпагата через носки и правые концы лемехов. Отклонение носков и правых концов лемехов от шпагата должно быть не более ±5 мм. Большие отклонения объясняются, чаще всего, деформациями стоек корпусов и рамы плуга, эти деформации следует устранить.

Линия, соединяющая носок лемеха и задний конец полевой доски, должна быть параллельна направлению движения агрегата, т.е. должна лежать в плоскости полевой стороны корпуса. Отклонение заднего конца полевой доски в сторону борозды допускается не более чем на 5 мм.

После проверки рабочих органов производится их установка. Установка рабочих органов на плуге сводится к расстановке предплужников и дискового ножа.

Установка предплужника и дискового ножа

Предплужники устанавливают на раме плуга так, чтобы пласты с корпусов свободно проходили в промежутках между предплужниками и основными корпусами.

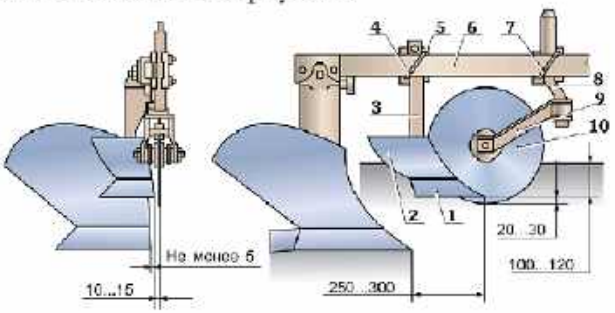


Рис.8. Установка предплужника и дискового ножа:
1 – лемех; 2 – отвал; 3 – стойка; 4, 7 – скобы; 5 – державка; 6 – грядиль; 8 – коленчатая стойка; 9 – вилка; 10 – диск

Для этого расстояние от носка лемеха предплужника до носка лемеха основного корпуса по ходу плуга должно быть 0,25...0,30 м при ширине захвата корпуса 0,35 м. По высоте предплужник должен быть зафиксирован в бобышках державки так, чтобы он, заглублялся в почву на 0,10...0,12 м. Для этого лезвие лемеха предплужника должно быть выше лезвия лемеха основного корпуса

на 0,10 м при глубине вспашки 0,20 м, на 0,12 м при 0,22 м, на 0,15 м – при 0,25 м и на 0,17 м – при глубине вспашки 0,27 м. Полевой обрез предплужника должен лежать в плоскости полевого обреза основного корпуса; допускается отклонение в сторону не паханого поля до 15 мм.

Дисковый нож должен быть установлен впереди предплужника так, чтобы диск был вынесен в сторону поля от левого обреза основного корпуса на 0,01...0,02 м, а от края предплужника на – 0,01 м. Центр диска устанавливается над носком лемеха предплужника; нижняя точка лезвия диска должна быть на 0,02...0,03 м ниже носка.

2.5. Подготовка трактора ВТ-100 к работе с плугом ПЛН-5-35

Подготовка трактора ВТ-100 к работе с плугом ПЛН-5-35 сводится к установке механизма навески трактора и навешиванию плуга. Механизм навески трактора должен быть установлен по двухточечной схеме. Втулки крепления нижних продольных тяг и верхней центральной тяги смещают на 140 мм вправо от продольной оси симметрии трактора и скобами закрепляют на осях. Раскосы закрепляют справа от рычагов подъема. Болт, соединяющий рычаг штока гидроцилиндра с рычагом подъема, необходимо вынуть во избежание поломки плуга во время вспашки при переводе рычага распределителя в положение «опускание», трактор ВТ-100 с подготовленной навеской подают задним ходом к плугу, надевают шаровые шарниры нижних продольных тяг навески на пальцы подвески плуга и стопорят их быстросъемными штырями. Соединяют верхнюю тягу навески трактора с подвеской плуга. Изменением длины правого раскоса устраняет перекос рамы плуга в поперечной плоскости; длина левого устраняет перекос рамы плуга в поперечной плоскости; длина левого раскоса должна быть 720...770 мм. Перекос рамы плуга в продольной плоскости устраняют изменением длины верхней центральной тяги навески.

Регулирование устойчивости хода плуга. Для устойчивости хода плуга в борозде необходимо присоединить плуг к трактору так, чтобы линия действия силы тяги пересекала след центра тяжести плуга и шарнир крепления нижних тяг к трактору. Следом центра тяжести (СЦТ) называют точку пересечения с горизонтальной площадкой перпендикуляра из центра тяжести плуга.

СЦТ находится посередине линии, соединяющей носки первого и последнего лемехов.

В транспортном положении под первым корпусом должен быть транспортный просвет не менее 250 мм. Длину ограничительных цепей регулируют так, чтобы концы нижних продольных тяг в транспортном положении плуга имели боковое качание не более 20 мм в каждую сторону. Плуг отсоединяется от трактора в порядке, обратном навешиванию.

2.6. Предварительная установка навесного пахотного агрегата на заданную глубину вспашки

Навесной пахотный агрегат с трактором ВТ-100 и плугом ПЛН-5-35 на заданную глубину вспашки настраивают на ровной площадке. Сущность этой настройки в том, что трактор и плуг устанавливают в такое взаимное положение, какое они будут занимать в поле при вспашке. Обе гусеницы трактора должны стоять на брусках, высота которых равна разности заданной глубине вспашки и глубины колеи (0,015...0,02 м). Под опорное колесо плуга ставят брус, высота которого соответствует заданной глубине вспашки минус 0,02...0,03 м. Предплужники и дисковый нож устанавливают в соответствии с принятой глубиной вспашки.

Плуг опускают так, чтобы носки лемехов всех корпусов касались площадки. В этом случае рама будет параллельна, площадке как в продольной, так и в поперечно-вертикальной плоскостях и лезвия лемехов также будут параллельны площадке. Если рама плуга не параллельна площадке, то, изменяя длину верхней центральной тяги и правого раскоса, добиваются этой параллельности.

2.7. Регулировка навесного плуга в поле при вспашке

При первом проходе пахотного агрегата правый раскос навески трактора укорачивают так, чтобы первый корпус пахал наполовину заданной глубины. При втором проходе правым раскосом устраняют перекос рамы в поперечно-вертикальной плоскости. При втором и последующих проходах агрегата проверяют и корректируют глубину вспашки и ширину захвата плуга, а также устраняют перекосы рамы плуга. При вспашке с трактором ВТ-100

расстояние от правого края гусеницы до стенки борозды должно быть 100...150 мм. Перекос рамы в поперечной плоскости устраняют изменением длины правого вертикального раскоса механизма навески трактора, а в продольной плоскости- изменением длины верхней центральной тяги (если передние корпуса пашут глубже задних, верхнюю тягу удлиняют, и наоборот). Глубину вспашки изменяют механизмом опорного колеса. При перекосах рамы в горизонтальной плоскости нарушается конструктивная ширина относительно стенки борозды. Если плуг все же разворачивает, то на задние болты между полевыми досками и стойками корпусов устанавливают шайбы толщиной 3 или 4 мм.

При выполнении последнего прохода в загонке плуг устанавливают так, чтобы передний корпус шел на заданной глубине, а задний скользил по поверхности пашни или работал на минимально возможной глубине (верхняя центральная тяга навески трактора укорачивается).

2.8. Контроль качества вспашки

Качество пахоты определяется по трем основным показателям: по глубине пахоты, выравненности и гребнистости поверхности поля. При оценке качества работы нужно учитывать также дополнительные показатели: заделку растительных остатков, удобрений, глыбистость и слитность пашни, степень оборота пласта, отсутствие огрехов и недовалов пласта, обработка поворотных полос, прямолинейность борозд. Эти показатели определяются в соответствии с СТО АИСТ 4.1 - 2004 СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ «Испытания сельскохозяйственной техники. МАШИНЫ И ОРУДИЯ ДЛЯ ГЛУБОКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ. Методы оценки функциональных показателей.

При втором (третьем и т.д.) проходе агрегата определяют среднюю ширину захвата плуга, которая не должна отличаться от конструктивной более чем на 10%. Для этого на не вспаханной стороне поля, отступив от стенки борозды на величину несколько большую, чем ширина захвата плута, устанавливают колышки, замеряют расстояние от колышков до стенки борозды до и после прохода агрегата. Разница замеров дает фактическую ширину захвата. Делают 10...15 таких замеров через 5 м и определяют среднее значение ширины захвата плуга.

Глубину обработки проверяют бороздомером или линейкой в открытой борозде, а также на вспаханном поле (по диагонали поля), погружением в выровненный вспаханный слой деревянного или стального стержня до дна борозды. Рекомендуется сделать не менее 15...20 замеров через 2…4 м с точностью до 0,5 см и вычислить среднее значение глубины вспашки. Отклонение средней глубины вспашки от заданной допускается в пределах 0,02 м.

Выравненность поверхности пашни определяют с помощью связанных шнура и рулетки. Посреди вспаханного поля, перпендикулярно движению агрегата, на расстоянии 10 м друг от друга растягивают шнур длиной 10 м. Шнур повторит все неровности поля, поэтому второй его конец не дойдет до второго колышка. Расстояние в дециметрах от второго колышка до конца шнура называют коэффициентом неровности поля и выражают в процентах. Допустимое значение коэффициента не более – 0,72 или 0,07 м.

Гребнистость поверхности поля, определяют обычно визуально, осматривая гребни и борозды. Можно измерить линейкой высоту гребней. Рекомендуется сделать 10...15 замеров. Среднее значение высоты гребней не должно превышать 7 см.

В практике работы пахотных агрегатов дополнительные показатели качества вспашки (оборот пласта, заделка растительных остатков и удобрений, наличие огрехов и недовалов пластов, глыбистость и слитность) определяют визуально осмотром вспаханного поля по диагонали.

При работе пахотного агрегата определяется его производительность. Она выражается формулой:

$$W = 0{,}1 \times B \times V, \text{ (га/ч)} \qquad (1.1)$$

где W – производительность агрегата га в час чистого времени работы, га/ч;

B – ширина захвата плуга, м;

V – скорость движения агрегата, км/ч.

Для определения скорости движения агрегата в начале участка и в конце устанавливаются два колышка с расстоянием между ними, например 50 м. Затем с помощью секундомера определяется время прохождения агрегатом этих 50 м в рабочем положении плуга. Фиксация времени производится в моменты прохождения какой-либо одноименной точки агрегата против колышка.

3. Порядок, выполнения работы

3.1. Выполните пункты задания 1.2.1, 1.2.2, 1.2.5.

3.2. Навесить плуг на трактор, поставить агрегат на ровную площадку, опустить на нее плуг.

3.3. Используя необходимое оборудование (пахотный агрегат, комплект слесарного инструмента, шприц, монтировку, подставку под колесо, деревянный угольник, линейку металлическую, шпагат) выполнить пункты задания 1.2.3 и 1.2.4, т.е. подготовить плуг и трактор к работе, и произвести предварительную регулировку плуга на заданную глубину вспашки.

3.4. Выехать на полигон и произвести припашку плуга, т.е. выполнить первый проход в соответствии с п. 2.5. Длинными колышками обозначить линию первого прохода.

3.5. При втором, если необходимо, и при третьем проходе агрегата, в соответствии с литературой 1.3.1 и соответствующем оборудовании (лента металлическая 20 м, рулетка 10 м, шпагат, колышки 50 см, бороздомер, секундомер и др.) выполнить пункт 1.2.6 задания, т.е. определить показатели работы пахотного агрегата:

– ширину захвата плуга;
– скорость движения агрегата;
– производительность пахотного агрегата;
– глубину вспашки;
– выравненность поверхности пашни;
– гребнистость поверхности вспаханного поля.

При определении ширины захвата данные необходимо занести в таблицу 1.3.

Таблица 1.3

Определение ширины захвата плуга

Номер колышка	Расстояние от колышка до стенки борозды до прохода агрегата, B_{K1}, м.	Расстояние от колышка до стенки борозды после прохода агрегата, B_{K2}, м.	Ширина захвата плуга, B_z, м.
1 2 3 4 5			
Среднее значение			

Ширина захвата определяется по формуле

$$B_i = B_{K1} - B_{K2}, \text{ м.} \quad (1.2)$$

Средняя ширина захвата определяется по формуле

$$B_{CP} = \frac{\sum B_i}{n}, \text{ м,} \quad (1.3)$$

где B_i – ширина захвата агрегата, м

n – число замеров.

Скорость движения агрегата определять с 3-х кратной повторностью

$$\upsilon = 3{,}6 \times \frac{S}{t}, \text{ км/ч,}$$

где S – длина участка, м;

t – время прохождения участка, с (время определять для 3-х проходов агрегата);

3,6 – переводной коэффициент.

Производительность агрегата:

$$W = 0.1 \times B \times V(\text{га/ч})$$

Глубину обработки замерять бороздомером или линейкой в открытой борозде напротив колышков, установленных для замера ширины захвата. Данные занести в таблицу 1.4.

Таблица 1.4

Глубина обработки

	Номер колышка			
	1	2	3	...
Глубина вспашки				
Среднее значение				

Выровненность поверхности пашни определяют в соответствии с методикой, изложенной в пункте 2.5. Значение коэффициента неровности поля определять в 3- местах прохода агрегата.

Данные вписать в таблицу 1.5.

Таблица 1.5

Выравненность поверхности пашни

№ п/п	Коэффициент неровности поля	Среднее значение коэффициента неровности поля

Гребнистость поверхности вспаханного поля определять напротив установленных колышков. Данные записать в таблицу 1.6.

Таблица 1.6

Гребнистость поверхности

	Номер замера			
	1	2	3	...
Значение высоты гребня				
Среднее значение				

3.6. Для обеспечения при выполнении задания и ускорения работы звеньевой, намечаемый преподавателем из студентов, распределяет обязанности среди членов звена: одни определяют скорость движения агрегата, другие – ширину захвата, третьи – глубину обработки и т.д. В подготовке агрегата к работе и его регулировках принимают участие студенты всего звена.

После выполнения задания необходимо оформить отчет в соответствии с требованиями пункта 1.5.

3.7. После снятия показателей убрать все колышки и пахотным агрегатом сделать столько рабочих проходов, чтобы ширина вспаханного поля была не менее 20 м (для обеспечения в дальнейшем работы с культиваторами, сеялками).

3.8. После снятия показателей на полигоне вернуться в учебный парк, поставить плуг на площадку и, если необходимо, рассоединить его с трактором.

РАБОТА 2. ПОДГОТОВКА ЗУБОВЫХ БОРОН К РАБОТЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИХ РАБОТЫ

1. Задание

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить зубовую борону (БЗСС-1,0 или БЗТС-1,0) к работе и отрегулировать ее.

1.1.2. Определить показатели работы зубовой бороны в поле (на полигоне).

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить назначение, техническую характеристику, устройство, технологический процесс работы зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0).

1.2.2. Повторить регулировки бороны.

1.2.3. Подготовить борону к работе и отрегулировать ее.

1.2.4. Уяснить агротребования к боронам и показатели их работы.

1.2.5. Проверить качество работы бороны в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие.- Ч. 1/В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 2.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Инструмент	Количество
Трактор	1
Культиватор	1
Зубовая борона (БЗТС-1,0 или БЗСС-1,0).	4
Комплект слесарного инструмента	1
Рулетка 2м	1
Линейка металлическая 40 см	2
Рейки деревянные длиной 1м	4

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках бороны, способы устранения недостатков.

– порядок регулировки бороны.

– описание агротребования к зубовым боронам, порядок определения показателей работы бороны, привести таблицы с данными, по каждому показателю сделать вывод.

2. Пояснения к работе № 2

2.1 Назначение зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

Борона предназначена для рыхления почвы и выравнивания поверхности поля, дробления комков, уничтожения всходов сорняков, а также для боронования всходов зерновых и технических культур.

Бороновальные агрегаты комплектуются тракторами класса тяги (0,9-5 т) 9-50 кН и различными сцепками: СГ-21, С-11У, СП-11, СП-16, а также с отдельными орудиями (культиваторами, плугами и т.д.).

2.2. Краткая техническая характеристика БЗСС-1,0

Таблица 2.2

Краткая техническая характеристика БЗСС-1,0

Показатель	Значение показателя
Ширина захвата, м	1
Число зубьев, шт	20
Давление на один зуб, Н	22
Рабочая скорость, км/ч	до 12
Шаг зубьев по следу, мм	50

2.3. Устройство зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

Зубовая борона состоит из прямых прямоугольных планок *4* и планок швеллерообразного профиля *3*, расположенных под углом, (Рис.9), а на их пересечении закреплены зубья *1*.

В передней и задней частях поперечно- фронтальные полосы снабжены приспособлениями для соединения бороны со сцепкой или штильвагой. При агрегатировании борон со сцепками С-11У, СП-11, СП-16 их соединяют в звенья по три штуки посредством штильваг. При агрегатировании со сцепкой СГ-21 бороны присоединяют к брусу двумя параллельными тягами.

Зубья квадратного сечения 16х16 мм, изготовленные из ст.45. рабочий конец зуба имеет односторонний скос. Зубья образует на поверхности почвы отдельную борозду. Расстояние между бороздками 50 мм.



Рис.9. Борона зубовая (общий вид):
1 – зуб бороны; 2 – проушина; 3 – корытообразная планка;
4 – прямоугольная планка

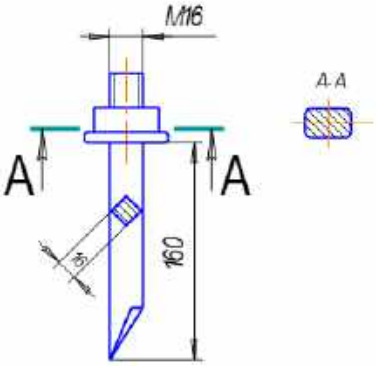


Рис.10. Зуб бороны ЗБП-0,6

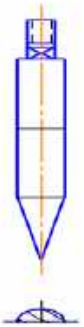


Рис.11. Зуб бороны БЗСС-1

При движении вертикальной гранью вперед зубья заглубляются глубже, скошенным срезом по ходу движения – мельче.

Для достижения равномерной глубины обработки по всей длине бороны, при агрегатировании со сцепками С-11У, длину прицепов устанавливают в пределах угла трения почвы о сталь.

2.4. Технологический процесс работы зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0)

При работе бороны могут выполнять следующие технологические процессы: рыхлят комки и глыбы почвы после вспашки, рыхлят, выравнивают почву после культивации, рыхлят почвенную корку, вычесывают сорняки, заделывают удобрения и семена.

2.5. Подготовка зубовой бороны БЗСС-1,0. (БЗТС-1,0) к работе и их регулировки

Исправность борон, их техническое состояние проверяется на ровной площадке. Изогнутые зубья и планки необходимо выровнять или заменить. Положить борону на площадку зубьями вниз: зубья, которые не доходят до поверхности площадки на 10 мм и более, следует оттянуть в кузнице или заменить новыми, допускается изгиб зуба, отклоняющий его от вертикали не более 3 мм. Расстояние между вертикальными плоскостями в которых находятся концевики зубьев должно быть около 50 мм, т.е. каждой зуб должен проводить собственную бороздку с интервалом между ними 50 мм. Толщина заостренной части зуба должна быть не более 2 мм. Они на раме должны располагаться так, чтобы одна диагональ сечения (квадрата) зуба располагалась по ходу движения бороны, другая перпендикулярно. Для устойчивого хода бороны необходимо чтобы тяги прицепов, штильваги и цепи звеньев были такой длины, при которой линия тяги направлена под углом 10-15° к горизонту. Длина тяг и цепей всех звеньев борон должна быть одинаковой. При правильно выбранной длине тяг борона не должна выглубляться из почвы задним или передним зубьями. Все зубья борон должны быть установлены скосом в одну сторону: при боронованиии зяби скосом назад, что дает большее заглубление при работе, а при боронованиии посевов – скосом вперед.

2.6. Показатели работы зубовых борон, контроль качества их работы

Бороновальные агрегаты должны двигаться поперек вспашки или под углом к ней, при предпосевном боронованиии – поперек или под углом к предполагаемому направлению сева, боронование посевов – под острым углом к направленно рядков. При работе

борон с орудиями или машинами (плугами, культиваторами и др.) схемы их движения определяется движением орудий машин (плугов, культиваторов).

Агротехнические требования (показатели работы)

Поверхностный слой почвы должен быть равномерно раскрошен – преобладание комков диаметром 2-2,5 см.

Отклонение средней фактической глубины обработки от заданной не более 0,01 м.

Выровненность поверхности (высота гребней): на пашне – не более 0,03 м. на посевах зерновых – не более 0,02 м. Повреждение и засыпание растений – не более: 5%. Перекрытие смежных проходов 0,10...0,15 м. Огрехи и необработанные полосы – не допускается. Качество боронования определяется по трем основным показателям: глубине рыхления, выровненность поверхности и комковатости.

Глубина рыхления измеряется в 10 местах по диагонали участка. Средняя глубина рыхления должна быть не менее 0,04 м.

Выравненность поверхности почвы определяется в 10 местах по диагонали участка. Высота гребней и глубина борозд должна быть не более 0,03 м.

Комковатость – количество глыб крупнее 0,04 м на 1 м^2. Их должно быть не более 4 на 1 м^2. Она определяется наложением рамки в 1 м^2 в 10 местах по диагонали участка. Площадку в 1 м^2 можно приближенно получить с помощью линейки или реек длиной 1 м.

При оценке качества работы на боронованнии необходимо учитывать также и другие показатели: огрехи и пропуски, наволоки от прохода борон, Обработку поворотных полос. Дополнительные показатели определяются визуально.

3. Порядок выполнения работы

В учебном парке удобнее составлять не специальные боронавальные агрегаты, а комбинированные, т.е. присоединять бороны к культиватору.

В этом случае показатели работы борон можно определять вслед за определением показателей работы культиватора, но можно – отдельно (это будет зависеть от того, какие задачи перед звеном поставит преподаватель). Следовательно:

3.1. Используя литературу 1.3.1, выполнить пункты 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4 задания.

3.2. Пользуясь необходимым инструментом в соответствии с пунктом 2.2, подготовить бороны к работе и предварительно выполнить их регулировки (пункт 1.2.3).

3.3. Навесить бороны на культиватор, присоединить его трактору и выехать на полигон.

Таблица 2.3

Глубина рыхления

Номера замеров	1	2	3	4	…	9	10
Глубина рыхления, см							
Средняя глубина							

Таблица 2.4

Выравненность поверхности почвы

Номера замеров	1	2	3	4	…	9	10
Выравненность поверхности, см.							
Средняя выравненность							

3.4. При проходе по вспаханному участку, работу борон можно определить одновременно с культивацией или без нее. Определяемыми показателями работы борон является: глубина рыхления (табл. 2.3), выравненность поверхности почвы (табл. 2.4), комковатость (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Комковатость

Номера замеров	1	2	3	4	…	9	10
Комковатость							
Средняя комковатость							

3.5. Также замерить с 3-х кратной повторностью ширину захвата бороны и расстояние между следами соседних зубьев с целью определения правильности ее хода.

3.6. После выполнения задания необходимо оформить отчет в соответствии с требованиями.

РАБОТА № 3. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СПЛОШНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕГО РАБОТЫ В ПОЛЕ

1. Задание.

1.1. Цель работы

1.1.1. Подготовить культиватор для сплошной обработки почвы, КБМ-4,2 к работе и отрегулировать его на заданные параметры работы.

1.1.2. Определить показатели работы культиватора в поле (на полигоне):

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить назначение, техническую характеристику, общее устройство и технологический процесс работы культиватора КБМ-4,2.

1.2.2. Повторить регулировки культиватора.

1.2.3. Подготовить культиватор к работе.

1.2.4. Отрегулировать культиватор на площадке в учебном парке.

Уяснить агротребования к культиватору и показатели его работы.

Определить показатели работы культиватора, в поле (на полигоне)

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации культиватора КБМ – 4,2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://agtz.ru/upload/iblock/30c/kbm-_rukovodstvo.pdf – Загл. с экрана.

1.3.3. Сельскохозяйственные машины: учебное пособие. - Ч. 1/В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара: РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 3.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Показатель	Значение показателя
Трактор МТЗ-80; (МТЗ-1221), шт	1
Культиватор КБМ-4,2, шт	1
Комплект слесарного инструмента, к-т	1
Рулетка 10м, шт	1
Линейка металлическая 40 см, шт	2
Шпагат, м	20
Подкладки под колеса культиватора высотой 6 см, шт	2
Уровень, шт	1
Секундомер, шт	1
Колышки деревянные длиной 1 м (вешки), шт	5
Шприц, шт	1
Колышки длиной 1 м для площадки 1 м^2, шт	4

1.5. Отчет.

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках культиватора, выявленных при подготовке его к работе, способы устранения этих недостатков. Указать параметры лап рядов, перекрытие лап, толщину лезвия.

– порядок установки культиватора на заданную глубину обработки.

– агротребования к культиватору. Определение показателей работы культиватора: производительности, глубины, гребнистости степени подрезания (таблицы), колеи трактора и колес культиватора, средние значения показателей сравнить с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснение к работе № 2

2.1. Назначение культиватора КБМ-4,2

Культиватор блочно-модульный навесной предназначен для предпосевной обработки почвы: рыхления комков почвы, подрезания сорняков без выноса влажных слоев на поверхность, выравнивания поверхности поля, сохранения влаги.

2.2. Краткая техническая характеристика КБМ-4,2

Таблица 3.2

Краткая техническая характеристика КБМ-4,2

Наименование показателей	Величина вариантов исполнения КБМ-4,2	
	S	П
Рабочая ширина захвата, м	4,2	
Глубина обработки, см	4-12	
Рабочая скорость, км/ч	9-12	4-8
Транспортная скорость, км/ч	15	
Количество рабочих органов, шт.: - на одной секции - на культиваторе	 20 100	
Тип рабочего органа	S-образная пружинная стойка с оборотными лапами	Плоскорежущая лапа
Производительность за 1 ч основного времени, га/ч	7-10	3,5-8
Агрегатируется с трактором, класса	1,4	

2.3. Устройство культиватора КБМ-4,2

Общее устройство

Данный культиватор является комбинированным агрегатом, в который входят три вида рабочих органов: рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой или планочно-зубовый выравниватель, борона роторная (каток).

Культиватор КБМ-4,2 (рис. 12, 13) состоит из несущей рамы *1*, навесного устройства *2*, сменного модуля *3*, рыхлительного рабочего органа *10*, планочно-зубового выравнивателя *4*, пруткового катка *5*, двух опорно-регулировочных колес *6* с механизмом регулировки глубины *7*.

Планочно-зубовый выравниватель и борона роторная имеют регуляторы давления *8* и *9*.

На культиватор могут устанавливаться сменные модули (рис. 14).

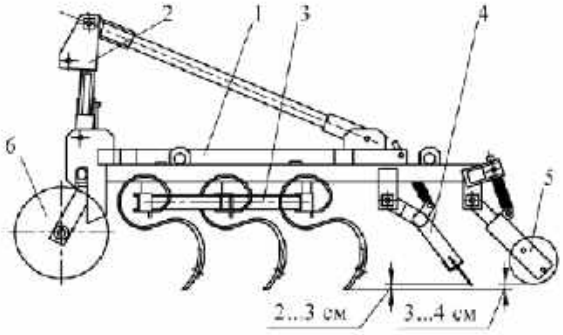


Рис.12. Схема культиватора блочно-модульного КБМ-4,2:
1 – рама несущая; 2 – навесное устройство; 3 – сменный модуль; 4 – выравниватель планочно-зубовый; 5 – борона роторная (каток); 6 – колесо опорное

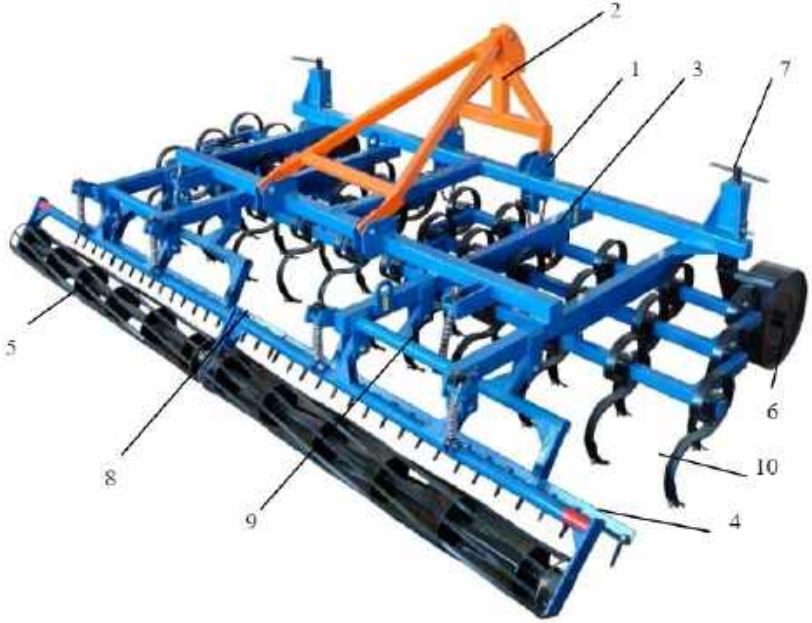


Рис.13. Культиватор блочно-модульный КБМ-4,2 (общий вид):
1 – рама несущая; 2 – навесное устройство; 3 – сменный модуль;
4 – планочно-зубовый выравниватель; 5 – борона роторная (каток);
6 – колесо опорное; 7 – механизм регулировки глубины обработки почвы;
8 и 9 – регуляторы давления; 10 – рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой

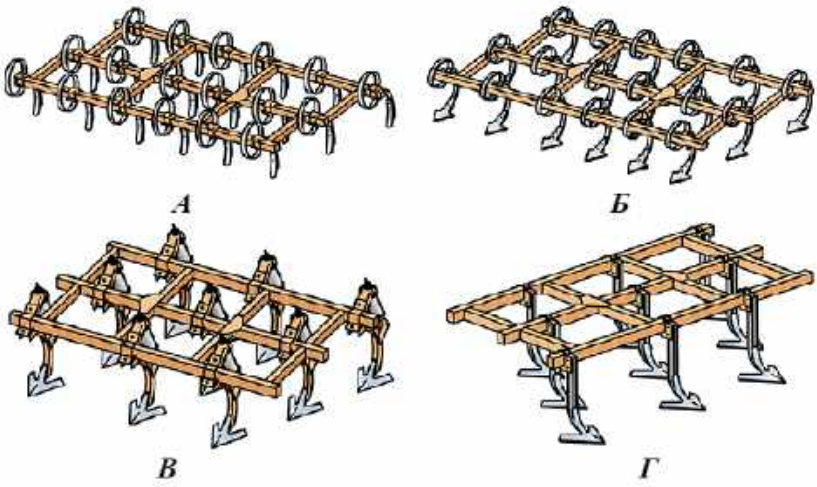


Рис. 14. Сменные модули к культиватору КБМ-4,2:
А – рабочий орган на подпружиненной стойке;
Б –стрельчатая лапка на усиленной подпружиненной стойке; В –стрельчатая лапка на жесткой подпружиненной стойке; Г – стрельчая лапка на жесткой стойке

Технологический процесс работы

В процессе работы культиватора рыхлительная лапа с подпружиненной стойкой благодаря вибрации обеспечивает крошение почвы на установленную глубину. Далее планочно-зубовый выравниватель рыхлит крупные комки почвы и выравнивает по ширине захвата профиль поля несущей планкой и зубьями.

Подпружиненный каток с винтообразными прутками осуществляет дополнительное рыхление почвы, ее выравнивание и упаковку. В результате выполняется качественно подготовленная поверхность почвы под посев с замульчированной поверхностью.

2.4. Подготовка культиватора КБМ-4,2 к работе

Проверяют комплектность культиватора она должна быть полной. Рама не должно быть деформирована. Разница в длине диагональной рамы допускается не более 10 мм. Колеса, должны вращаться свободно, без заеданий. Осевое перемещение колес, не должаю превышать 0,5 мм. Механизм подъема и регулирования рабочих органов должен действовать свободно, перекос не допускается.

Во избежание неполного подрезания сорняков лапы устанавливают с перекрытием 50...70 мм. Толщина лезвия лапы не более 0,5 мм; угол заточки – 12…15°. Носки лап каждого ряда должны быть расположены на одной линии, параллельной переднему брусу рамы и касаться шнура, натянутого между носками крайних лап. Расстояние между носками соседних лап должно быть одинаковым. Смещение носка лапы от оси должно быть не более 5 мм.

2.5. Регулировка культиватора

Трактор с культиватором, переведенным в транспортное положение, заезжает на регулировочной площадке движителями на бруски высотой равной глубине обработки рабочих органов сменных модулей, минус величина деформации почвы. Культиватор переводится в рабочее положение на площадке.

Культиватор устанавливают горизонтально на специально оборудованной площадке с твердым покрытием. Опорные колеса устанавливают на бруски толщиной равной глубине обработки, уменьшенной на 2-3 см. Вращая винты опорных колес, устанавливают глубину обработки рабочих органов культиватора.

После регулировки необходимо провести контрольный проход агрегата в поле с замером глубины обработки. При необходимости, повторить регулировку рабочих органов. После регулировки культиватора на площадке подтянуть болтовые соединения и произвести его опробование в поле (на полигоне).

Проверку установленной глубины хода рабочих органов культиватора производят, проехав в загонке при нормальной рабочей скорости 50...100 м. Если глубина обработки не соответствует заданной, то перемещением колес при помощи механизма регулирования глубины хода рабочих органов, установить заданную глубину.

2.6. Показатели работы культиватора и контроль качества культивации

Качество работ на культивации определяют по глубине обработки, гребнистости поверхности и степени подрезания сорняков.

Таблица 3.3

Агротехнические требования к культивации

Показатель	Значение показателя
Отклонение средней фактической глубины обработки от заданной	не более +/- 0,01м
Сорняки должны быть подрезаны лапами: Стрельчатыми Рыхлящими	 полностью не менее 95%.
Высота гребней и глубина борозд	не более 4 см
Выворачивание нижних слоев почвы	не допускается
Огрехи и необработанные полос	не допускается

Глубину обработки проверяют линейкой по длине гона, делая 15...20 замеров по диагонали участка и по ширине захвата орудия.

Гребнистость поверхности определяется линейкой по диагонали участка не менее 10 раз. Степень подрезания сорняков определяется подсчетом количества сорняков на площадке 1 $м^2$ в 5-кратной повторности по диагонали участка.

При оценке качества работы необходимо учитывать также дополнительные показатели: наволоки, колеи от прохода агрегата, прямолинейность проходов, обработку поворотных полос и краев поля.

Дополнительные показатели определяются визуально. Одним из показателей работы агрегата с культиватором является его производительность.

Показатели работы культиватора и контроль качества работы определяется ОСТ 70.4.2-80 «Машины и орудия для поверхностной обработки, почвы». ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования качества и методы испытания.

3. Порядок выполнения работ

3.1. Используя литературу 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, выполнить пункты 1.2.1, 1.2.2 и 1.2.5.

3.2. С помощью трактора МТЗ-80 или ВТ-100 поставить культиватор на регулировочную площадку.

3.3. С помощью литературы, 1.3.1 (пункты 2.4 и 2.5) соответствующего оборудования подготовить культиватор к работе отрегулировать его на площадке, т.е. выполнить вопросы 1.2.3 цель задания.

3.4. Присоединить культиватор к трактору, выехать на полигон и произвести его опробование, линию первого прохода обозначить колышками. Начало и конец учетного участка (50 м) обозначить колышками.

3.6. При последующих проходах агрегата определить показатели работы культиватора и, если необходимо, зубовых борон:

- производительность (ширину захвата и скорость движения);
- глубину обработки почвы;
- гребнистость поверхности;
- степень подрезания сорняков;
- глубину колей трактора и культиватора.

Рабочая ширина захвата культиватора обычно равняется конструктивной и замеряется по следам прохода крайних лап с учетом их захвата. Однако второй и последующие проходы агрегата выполняются с перекрытием 0,10-0,05 м, которые должны учитываться при определении ширины захвата культиватора. Ширину захвата определять с 3-х кратной повторностью:

$$B_{ср} = \sum(B-\Delta B)/3) \qquad (3.1)$$

где $B_{ср}$ – средняя ширина захвата культиватора, м;

B – конструктивная ширина захвата, м;

ΔB – перекрытие, м,

Скоростной режим агрегата выбирается по оптимальной загрузке двигателя трактора. Скорость движения (V) с 3-х кратной повторностью.

$$V = 3,6*50/t, \text{ км/ч} \qquad (3.2)$$

где 50 – длина участка, м;

t – время прохождения участка, с (время определять для 3-х проходов агрегата);

3,6 – переводной коэффициент.

Производительность агрегата (W) в час чистого времени:

$$W = 0,1\ B\ V\ (\text{га/ч})\ ) \qquad (3.3)$$

Глубину обработки проверять в разных местах поля по всей длине участка. Для замера глубины рыхления выравнивают поверхность почвы и погружают в нее линейку до твердой подошвы. Общее количество замеров не менее 15. Среднеарифметическое значение замеров определяет среднюю глубину.

Таблица 3.4

Средняя глубина обработки

	Номера замеров					
	1	2	3	4	5	…
Глубина обработки, см						

Отклонение – $a_{ср}$ от заданной глубины обработки не более 0,01 м.

Высота гребней и глубина борозд равны. Их можно определять так: на вершины гребней положить рейку, например, колышек длиной 1 м. От него, как от базы, определять высоту гребней и глубину борозд. Гребнистость не более 0,04 м. количество замеров – не менее – 10 раз.

Таблица 3.5

Гребнистость

	Номера замеров					
	1	2	3	4	5	…
Высота гребней h, м						

При определении степени подрезания сорняков рамку площадью 1 м^2 накладывает на поверхность поля в пяти разных местах по длине участка в разрезе прохода агрегата. В пределах площадки 1 м^2 подсчитать количество сорняков до прохода агрегата и после него, затем определит степень подрезания сорняков и данные занести в таблицу.

Таблица 3.6

Степень подрезания сорняков

Номера замеров	Количество сорняков на площадке 1 м^2 до прохода агрегата, N_1	Количество не подрезанных сорняков на 1 м^2 после прохода агрегата, N_2	Степень подрезания

Степень подрезания сорняков стрельчатыми лапами должна быть 100% (т.е. полной).

После прохода агрегата колея от колес трактора и культиватора должна отсутствовать.

Показатели при работе культиватора определяются в соответствии с ОСТ 70.4.2-80 «Машины и орудия для поверхностей обработки почвы». ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования качества и методы испытания.

3.7. Для четкого оперативного определения показателей звеньевой должен распределить работу между членами звена.

3.8. После выполнения работы на полигоне вернуться в учебный парк, поставить культиватор на площадку и рассоединить его с трактором.

РАБОТА № 4. ПОДГОТОВКА К РАБОТЕ ЗЕРНОВОЙ СЕЯЛКИ СЗ-3,6 И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЕЕ РАБОТЫ

1. Задание.

1.1. Цель работы.

1.1.1. Подготовить зерновую сеялку СЗ-3,6 к работе и отрегулировать ее.

1.1.2. Определить показатели работы зерновой сеялки в поле (на полигоне)

1.2. Содержание работы.

1.2.1. Повторить техническую характеристику сеялки и ее устройство.

1.2.2. Повторить регулировки сеялки.

1.2.3. Подготовить сеялку СЗ-3,6 к работе.

1.2.4. Отрегулировать сеялку на площадке.

1.2.5. Уяснить агротехнические требования к посеву и сеялке СЗ-3,6, а также показатели ее работы.

1.2.6. Определить показатели работы зерновой сеялки в поле (на полигоне).

1.3. Литература.

1.3.1. Задания для учебной практики по сельскохозяйственным машинам (методическое указание).

1.3.2. Технологические регулировки сеялка СЗ-3,6 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.zavodritm.ru/media/uploads/2018/04/04/manual-sz-6.pdf.

1.4. Оборудование рабочего места.

Таблица 4.1

Необходимый инструмент для проведения работы

Показатель	Значение показателя
Трактор МТЗ-80, шт	1
Сеялка СЗ-3,6, шт	1
Комплект слесарного инструмента, к-т	1
Шприц, шт	1
Семена пшеницы, кг	50
Домкрат, шт	1
Подставки деревянные под раму сеялки (40×20×20 см), шт	2
Брезент (2 х 1 м), шт	1
Весы с разновесом, шт	1
Линейка металлическая 40 см, шт	2
Колышки деревянные 50 см, шт	10
Секундомер, шт	1
Колышки деревянные 20 см, шт	5

1.5. Отчет

Отчет должен включать:

– замечания об обнаруженных недостатках сеялки СЗ-3,6 выявленных при подготовке ее к работе; описать порядок устранения отмеченных недостатков.

– описать порядок проверки, настройки сеялки на норму высева на полигоне; заданная норма высева, рабочая длина катушки L высевающего аппарата, передаточное число редуктора.

– описать агротребования к сеялкам, порядок определения показателей работы сеялки: производительности, количества высеваемых семян сеялкой и аппаратами в отдельности, глубину заделки семян общую и сошниками в отдельности. Заполнить таблицы 3.1, 3.2, 3.3, сравнить значения полученных показателей с допустимыми и сделать выводы.

2. Пояснения к работе № 4

2.1. Назначение сеялки СЗ-3,6

Сеялка зернотуковая универсальная прицепная предназначена для рядового посева семян зерновых (пшеницы, ржи, ячменя, овса) и зернобобовых (горох, нут, чина, фасоль и люпин) с одновременным внесением в рядки гранулированных минеральных удобрений.

2.2. Техническая характеристика сеялки СЗ-3,6

Таблица 4.2

Краткая техническая характеристика сеялки СЗ-3,6

Показатель	Значение показателя
Рабочий захват при междурядии 15 см, м	3,6
Скорость движения, км/ч	7,2-15
Количество сошников, шт	24
Количество высевающих аппаратов, шт -для зерна – штампованные катушечные - для удобрений – шрифтовые	 24 24
Емкость зернотукового ящика, дм^3 - отделения для семян - отделения для удобрений	 453 212
Пределы глубины хода сошников, мм	40-60
Диаметр опорно-приводных колес, мм	1245

2.3 Общее устройство сеялки СЗ-3,6

Сеялка состоит из следующих сборочных единиц (рис. 15): сварной прямоугольной рамы *1* со сницей *3*, опирающейся на два пневматических опорно-приводных колеса *6* с механизмами передачи вращения *5*.

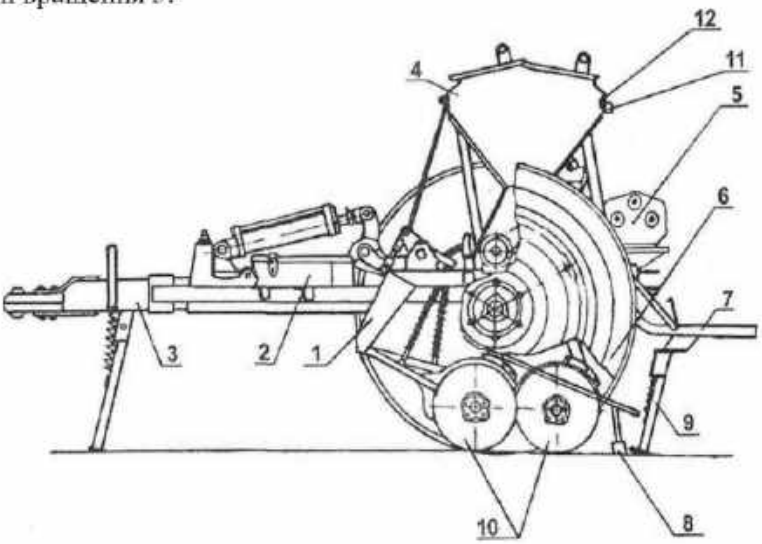


Рис. 15. Общее устройство сеялки СЗ-3,6:

1 – рама; 2 – ящик для инструментов; 3 – сница; 4 – зернотуковый ящик; 5 – механизм передач; 6 – колесо; 7 – подножка; 8 – загортач; 9 – подставка; 10 – сошник; 11 – унифицированная система контроля; 12 – световозвращатель

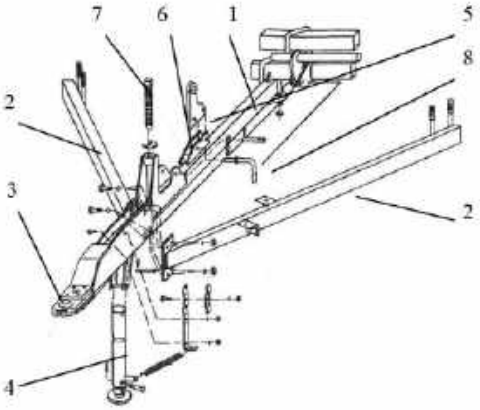


Рис. 16. Прицепное устройство:
1 – продольная балка; 2 – боковые балки; 3 – дышло;
4 – откидная подставка; 5 – кронштейн; 6 – фиксатор заглубления сошников;
7 – регулировочный винт; 8 – стопор

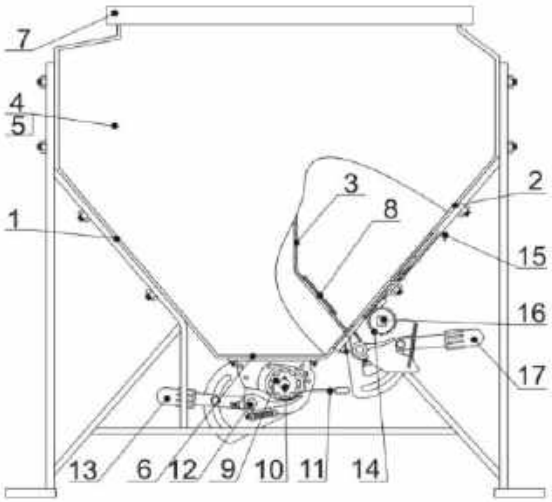


Рис. 17. Зернотуковый ящик:
1 – стенка передняя; 2 – стенка задняя; 3 – стенка средняя; 4, 5 – боковины: правая и левая; 6 – дно; 7 – крышка; 8 – заглушка; 9 – высевающий аппарат; 10 – вал высевающих аппаратов; 11 – рычаг изменения длины катушки; 12 – вал клапанов высевающих аппаратов; 13 – рычаг клапанов высевающих аппаратов; 14 – туковысевающий аппарат; 15 – задвижка; 16 – вал туковысевающих аппаратов; 17 – рычаг клапанов туковысевающих аппаратов

Конструкция сеялки также состоит из двух зернотуковых ящиков *4* с размещенными в них зерно- и туковысевающими аппаратами; двух рядов двухдисковых сошников *10* с загортачами *8* и механизмом подъема; вспомогательных узлов в виде подножки *7* для размещения рабочего-сеяльщика, предохранительных щитков и поручней, световозвращателей *12*, унифицированной системы контроля *11*.

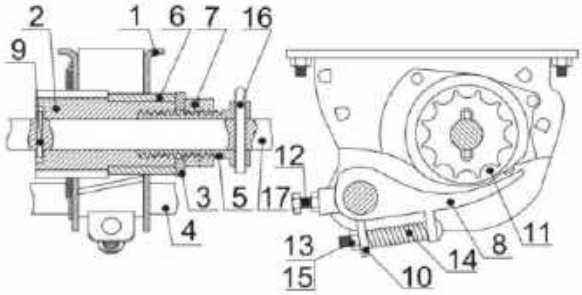


Рис. 18. Зерновой высевающий аппарат:
1 – корпус; 2 – катушка; 3 – шайба стопорная; 4 – вал клапанов;
5 – болт; 6 – муфта; 7 – гайка специальная; 8 – клапан; 9 – штифт; 10 – вставка;
11 – розетка; 12 – винт стопорный; 13 – болт; 14 – пружина; 15 – гайка;
16 – шплинт; 17 – вал высевающих аппаратов

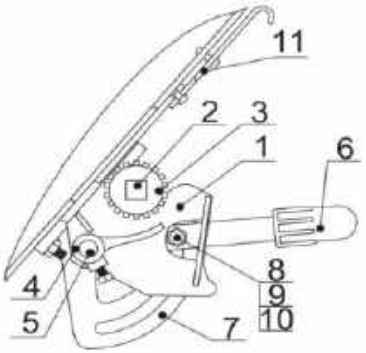


Рис. 19. Туковысевающий аппарат:
1 – корпус; 2 – вал туковысевающих аппаратов; 3 – катушка;
4 – клапан; 5 – вал регулятора нормы высева туков; 6 – рычаг;
7 – сектор; 8 – болт; 9 – гайка; 10 – шайба; 11 – задвижка

Крутящий момент на валы семя – и туковысевающих аппаратов передается от опорно-приводных колес через механизмы передач. С внутренней стороны опорно-приводных (левого и правого) колес к ступице крепится 16-зубовая звездочка, от нее по цепной

передаче крутящий момент передается на вал контрпривода через 14-зубовую звездочку. Далее от контрприводного вала, через его 9-зубовую звездочку вращение предаётся на основной вал с муфтами обгона. На сеялке каждая секция имеет собственный механизм привода от опорных колес, который затем через разобщитель объединяется в единый механизм передачи к валам высевающих аппаратов. Муфты обгона играют роль своеобразных дифференциалов, за счет которых возможен свободный разворот сеялки без торможения колес и движения назад.

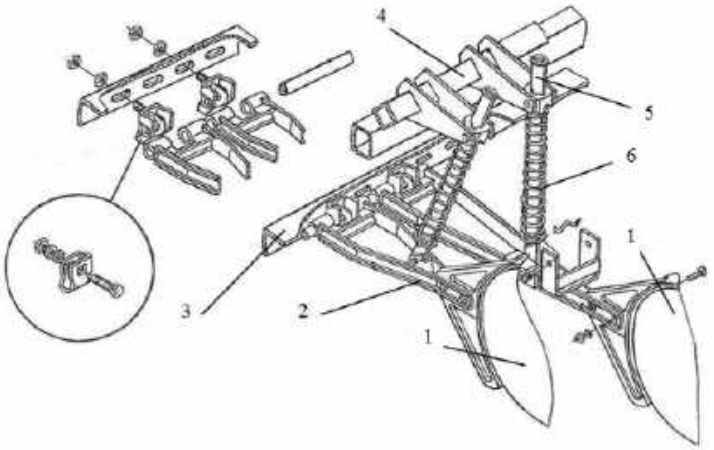


Рис. 20. Механизм навески сошников:
1 – дисковый сошник; 2 – поводок; 3 – сошниковый брус;
4 – квадратный вал; 5 – нажимная штанга; 6 – пружина

Разобщитель позволяет включить или выключить вращение на валы высевающих аппаратов при изменении положения сошников относительно почвы.

Редуктор сеялки снабжен четырьмя сенными шестернями привода через цепную передачу на нижний вал редуктора и на вал семявысевающих аппаратов и четырьмя шестернями привода через цепную передачу на нижний вал редутора и на вал туковысевающих аппаратов.

Двухдисковые сошники имеют угол схождения 10°: сошники переднего и заднего ряда.

Для заделки борозды после прохода двухдисковых сошников сеялка комплектуется загортачами. За каждым сошником сзади смонтировано по два загортача.

2.4. Подготовка сеялки СЗ-3,6 к работе

Проверка технического состояния зерновой сеялки

Техническое состояние зерновой сеялки проверяют на ровной площадке, прицепное устройство и подножка доски должны опираться на подставки. Проверку начинают с осмотра всех узлов механизмов.

Во время осмотра проверяют комплектность сборочных единиц и механизмов, а также надежность их крепления. Сеялка должна быть комплектной. Необходимо убедиться в том, что все крепежные детали на месте, гайки и болты затянуты до отказа, а шплинты; разведены. Гайки крепления должны, быть затянуты от руки с усилием до 200 Н.

Все вращающиеся и трущиеся детали, за исключением звездочек, шестерен и цепей, должны быть смазаны. Подшипники сеялок типа СЗ рассчитаны на одноразовую смазку в начале сезона.

Валы зерновысевающих и туковысевающих аппаратов должны вращаться свободно и не иметь прогиба, валы зерновысевающих аппаратов должны свободно перемещаться в осевом направлении (рычагами регулятора высева). При полностью вдвинутых в корпусы катушек их торцы должны располагаться заподлицо с плоскостью розеток. Этого добиваются перемещением вдоль катушек корпусов аппаратов.

Диски сошников должны свободно вращаться, лезвия дисков впереди сошника должны касаться друг друга, а при нажатии на диски сзади сошника лезвия должны расходиться не более чем на 1,5...2,0 см. Толщина лезвия дисков должна быть 0,4...0,5 мм, а ширина фаски заточки – 6…7 мм.

Звездочки и шестерни отдельных контуров передачи должны располагаться в одной плоскости. Зазор между вершиной зуба одной шестерни и впадиной сопряженной с ней шестерни должен быть в пределах 2...2,5 мм. Перекос цепей не должен превышать 2 мм.

Натяжение цепей должно быть таким, чтобы при нажатии на середину нерабочей ветви цепи с усилием до 100 Н прогиб составлял 10...12 мм.

Необходимо, чтобы резиновые семяпроводы были в хорошем состоянии, не порваны и не сплющены. Семяпроводы должны хорошо сопрягаться с сошниками в их рабочем и транспортном положении.

Транспортный просвет (расстояние от поверхности почвы до нижней кромки сошников) должен быть 190 мм, все сошники должны быть расположены на одном уровне.

Редуктор сеялки и кулаки валов подъема загортачей должна быть закрыты предохранительными щитками.

Давление в камерах пневматических колес должно быть 0,16...0,20 МПа.

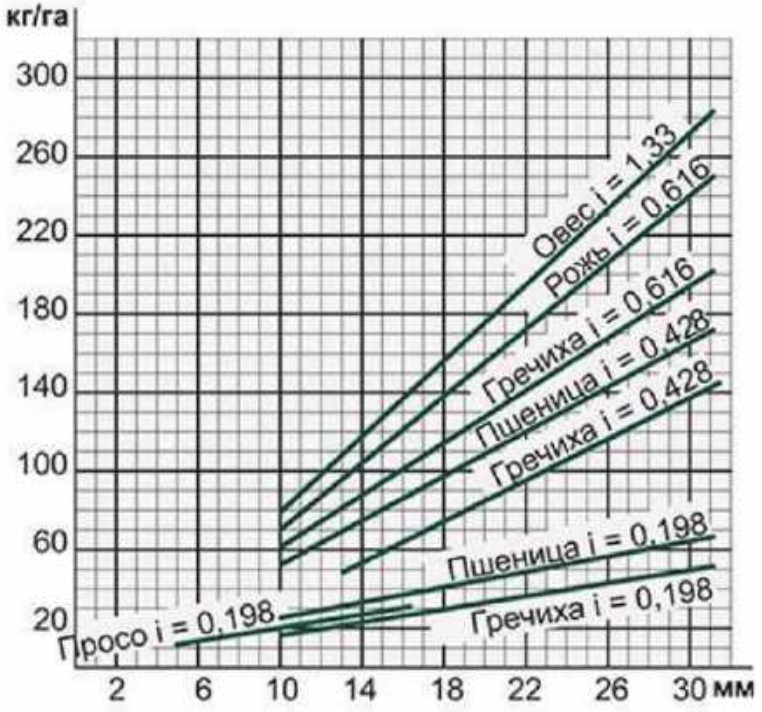


Рис. 21. Номограмма

Установка сеялки на заданную норму высева семян

Норма высева семян зависит от длины рабочей части катушки высевающего аппарата и от окружной скорости ее вращения (частоты вращения катушки).

Рабочая длина катушки l высевающего аппарата определяется по номограмме (рис. 21) в зависимости от нормы высева Н.

Таблица 4.3

Передаточные числа и число зубьев шестерен для привода зерновысевающего аппарата

Высеваемая культура	Число зубьев шестерни				Передаточное число
	Д	Е	Ж	И	
Просо, гречиха, пшеница, рожь	17	25	17	30	0,198
Пшеница, рожь, ячмень, горох	25	17	17	30	0,428
Ячмень	17	25	30	17	0,616
Овес	25	17	30	17	1,33

Далее определяется передаточное число i для высева заданной нормы Н. В зависимости от высеваемой культуры передаточное число подбирается по таблице 4.3, которое определяется подбором шестерен Д, Е, Ж, И.

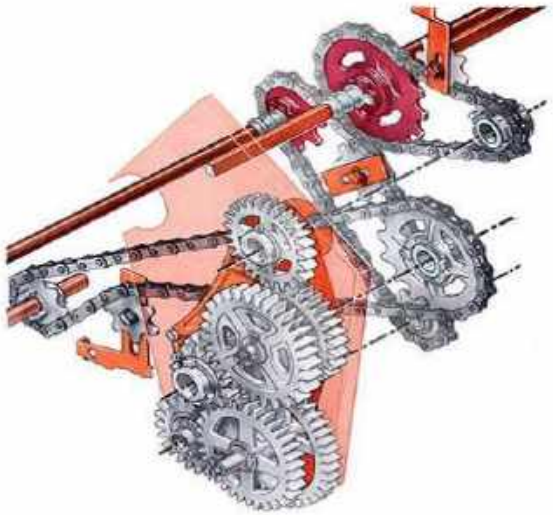


Рис. 22. Схема механизмов шестерен

В зависимости от заданной нормы для высева культуры следует установить на сеялке необходимое передаточное отношение на вал высевающего аппарата согласно таблицы 4.3. Установку необходимых шестерен проводят, используя схему механизма передачи, представленную на рисунке 22.

Для установки заданной нормы высева удобрений подбирается соответствующее передаточное отношение для привода туковысевающего аппарата и набор шестерен по таблице 4.4.

Таблица 4.4

Передаточные числа, число зубьев шестерен для привода туковысевающего аппарата и ориентировочные нормы высева

Число зубьев шестерни				Центр установки	Передаточное отношение	Ориентировочная норма высева гранулированного суперфосфата, кг/га
А	Б	В	Г			
15	36	15	30	O_1	0,067	36…37
15	36	25	30	O_2	0,112	61…67
15	36	30	25	O_2	0,160	86…98
36	25	15	30	O_3	0,232	128…143
15	36	30	15	O_1	0,268	133…163
36	15	15	30	O_1	0,386	199…232

Пример. Посев гречихи с нормой Н = 130 кг/га.

По номограмме определяется: рабочая длина катушки l = 20 мм при i = 0,616 и l = 29 мм при i =0,428.

Выбирается вариант с большей рабочей длиной l и наименьшем значении i, для более равномерного высева семян и предотвращения их дробления, то есть l = 29 мм и i = 0;428.

Установка на заданную норму высева семян по предварительно определенным параметрам и проверка правильности установки

1. Сеялку устанавливают на подставки с возможностью вращения опорно-приводных колес.

2. Подготавливают и настраивают высевающие аппараты. Для этого проверяют положение катушек в крайнее положение относительно их корпуса для одинаковой величины высева всеми катушками: при полностью вдвинутых катушках их торцы должны располагаться заподлицо с розетками корпусов. Для корректировки положения корпуса смещаются вдоль вала при ослаблении крепежных болтов.

Зазор между нижними ребрами катушек и клапанами при высеве зерновых культур должен быть не более 1...2 мм, при высеве зернобобовых культур зазор 8...10 мм (рис. 23).

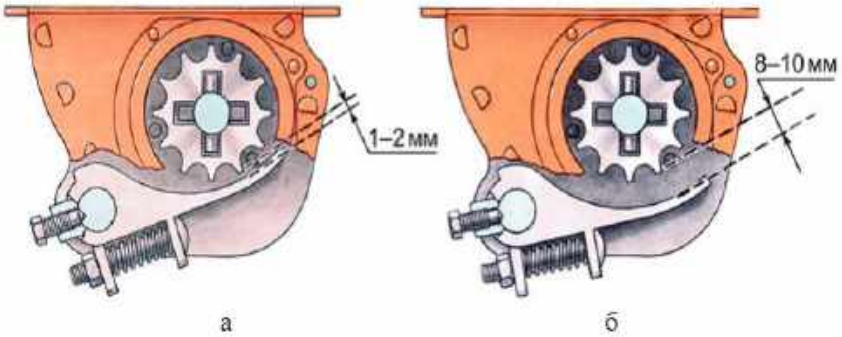


Рис. 23. Установка зернового высевающего аппарата
а – для высева зерновых; б – для высева зернобобовых

3. Выполняется установка предварительно определенных параметров: рабочей длины l катушки и передаточного отношения i.

4. Проводится высев семян прокруткой колес сеялки на месте из расчета на 100 м^2 (0,01 га). Для этого определяется необходимое количество оборотов колеса сеялки для посева площади 100 м^2 (0,01га) с учетом проскальзывания колеса при работе.

При этом длина поверхности колеса СЗ-3,6 примерно составляет 3,7 м, при ширине захвата сеялки 3,6 м, площадь, которая засевается за один оборот колеса составит: 3,6×3,7=13,3м^2. Для посева площади 100 м^2 количество оборотов будет: 100:13,3=7,6. С учетом скольжения: число оборотов будет равно 7,6×0,9=6,8 или примерно n=7.

5. Для сбора семян под сошники расстилают брезент.

6. Для заполнения семенами корпусов высевающих аппаратов колесо прокручивают предварительно на 2…3 оборота.

Далее вновь равномерно, в соответствии со скоростью движения сеялки, прокручивают колесо на 7 оборотов и взвешивают семена. Высеянные семена за 7 оборотов взвешивают, полученную массу умножают на 100 и на 2, если высев выполнялся половиной сеялки. Если полученная фактическая норма высева на 1 гектар отличается от заданной величины нормы высева, то корректировку проводят изменением рабочей длины катушки или изменением передаточного отношения. После корректировки выполняют проверку фактической нормы высева. Фактическая норма высева не должна превышать заданную больше чем на 3%.

В полевых условиях норму высева (q) устанавливают посредством определения количества семян на фактическую площадь по формуле:

$$q = 0{,}0001 \times L \times Q;) \qquad (4.1)$$

где, L – длина гона, м;

Q – норма высева семян, кг/га.

В бункере сеялки делают исходную отметку уровня ранее загруженных семян и добавляют вычисленное количество семян q на данную площадь. Проводят высев на данной площади и контролируют уровень семян в семенном ящике. Если исходный уровень семян не выдерживается, то есть высев загруженного количества семян больше или меньше, то проводят корректировку изменением рабочей длины катушек.

В полевых условиях также контроль нормы высева выполняется подсчетом семян, высеваемых на 1 пог./м рядка. При этом норма высева семян должна быть задана количеством семян, высеваемых на 1 га.

Для определения количества семян высеваемых на 1 пог/м. рядка, нужно высеять семена непосредственно из семяпровода вынутого из сошника на поверхность поля на длине немногим более 1 м, при поднятом сошнике. Высев выполняют по две пробы на каждой половине сеялки и определяется средняя величина и сравнивается с заданной нормой.

Установка сеялки на заданную норму высева удобрений

В туковысевающих аппаратах сеялки СЗ-3,6 норма высева минеральных удобрений определяется только частотой вращения штифтовых катушек.

Заданная норма высева минеральных удобрений устанавливается с помощью таблицы 4.4, из которой определяются: передаточное отношение и набор шестерен А, Б, В, Г, которые устанавливаются в механизме привода.

Проводится проверка одинакового положения клапанов туковысевающих аппаратов относительно штифтовых катушек. Для этого необходимо перевести клапаны в крайнее верхнее положение при помощи регулировочной рукоятки, при этом клапаны должны касаться штифтов катушки.

Для корректировки положения клапанов необходимо отвернуть опорные болты и установить клапаны так, чтобы они касались катушек.

Зазор между штифтами катушек и клапанами устанавливают рычагами опорожнивания на величину 8...10 мм, который может быть увеличен при высеве удобрений повышенной влажности.

Проводится пробный высев удобрений аналогично описанному выше при проверке зерновых аппаратов. Корректировка нормы высева осуществляется изменением передаточного отношения, а в небольших пределах производится задвижками. Отклонение фактического высева минеральных удобрений от заданной нормы, не более ±10 %, неравномерность высева отдельными аппаратами при, высеве гранулированных удобрений ±20%.

Регулировка глубины заделки семян

Регулировку глубины заделки семян в почву сошниками сеялки осуществляют винтом регулятора заглубления *7* (рис. 16): при ввинчивании глубина увеличивается, при вывинчивании уменьшается.

Устанавливают одинаковый транспортный просвет для всех сошников сеялки, обеспечивающих одинаковую глубину их хода посредством винтовых стяжек в механизме подъема, при этом в транспортном – поднятом состоянии расстояние от поверхности регулировочной площадки до нижней кромки сошников должно быть 190 мм. Для сошников, работающих по следам трактора глубину увеличивают посредством поджатия пружины *6* на штангах *5* (рис. 20).

Регулировку глубины хода загортачей выполняют в полевых условиях посредством перестановки стопора в отверстиях продольной круглой штанги.

2.5 Показатели работы зерновой сеялки и контроль качества посева

Контроль качества посева зерновых колосовых культур осуществляют на первых рабочих проходах агрегата, а в дальнейшем – не менее 1...2 раз за смену.

Качество посева определяется по трем основным показателям: норме высева семян, глубине заделки семян и ширине стыковых междурядий.

Допустимые отклонения глубины заделки семян и удобрений ± 15%.

Отклонение нормы высева семян от заданной ± 3%.

Отклонение нормы внесения удобрений от заданной ± 10 %.

Допустимая неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами:

– семян зерновых ± 6%;

– семян зернобобовых ± 10%;

– гранулированных удобрений ± 20%;

Отклонение ширины стыковых междурядий:

– у смежных сеялок ±2 см;

– у смежных проходов ± 5 см.

Огрехи незасеянные поворотные полосы – не допускаются.

Контроль нормы высева в полевых условиях удобно осуществлять подсчетом количества семян, высеваемых на 1 пог./м рядка. Например, при норме высева 150 кг/га и абсолютном весе семян 34 гр. тысячи зерен, на 1 га должно высеваться 4,4 млн. зерен и, следовательно, на 1 пог./м рядка – 4,4× 15 = 66 штук семян. В пяти местах по длине гона на четырех рядках в пределах ширины захвата сеялки (два рядка на правой, два – на левой половине сеялки) подсчитать количество семян на 1 пог./м рядка. Среднее значение должно быть равно 66 ± 3 %, т.е. 64,7...68,0 штук зерен на 1 пог./м длины рядка. Высев семян на поверхность поля производятся подъемом сошника или вынимании из него семяпровода.

Для проверки глубины заделки семян выравнивают поверхность почвы за всеми передними и задними сошниками из числа тех, которые не идут по следам трактора. Осторожно, на длине около 20 см перпендикулярно к направлению рядков, разгребают бороздки и находят семена. В каждом случае делают не менее 10 замеров с помощью двух линеек или одной линейки и колышка. Если отклонение средней глубины от заданной превышает 15 %, то регулируют глубину хода сошников. В практике работы посевных агрегатов такая проверка глубины заделки семян должна проводиться не менее 10 раз в смену.

Для проверки ширины стыковых междурядий осторожно разгребают борозды крайних сошников, находят зерновые каналы и замеряют расстояние между осями рядков. Отклонения между смежными сеялками агрегата не должны превышать. 2 см, между смежными проходами – 5 см. При оценке качества работы на посеве

необходимо учитывать также и другие показатели – неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами, отклонение нормы внесения удобрений, не прямолинейность рядков, огрехи, обсев поворотных полос.

3. Порядок выполнения работы

3.1. Используя литературу 1.3.1, 1.3.2 выполнить пункт 1.2.1, 1.2.2, 1.2.5 задания.

3.2. Присоединить сеялку к трактору, присоединить гидроцилиндр сеялки к гидросистеме трактора, поставить агрегат на регулировочную площадку.

3.3. С помощью литературы 1.3.1 и соответствующего оборудования (комплект слесарного инструмента, семена, брезент, весы, линейка, нутромер и т.д.) подготовить сеялку к работе и отрегулировать ее, на площадке т.е. выполнить пункты 1.2.3 и 1.2.4 задания.

3.4. Подсчитать абсолютную массу семян, т.е. массу 1000 зерен и определить норму высева в шт. семян на 1 га (данные записать в таблицу 4.5.).

3.5. Выехать на полигон и произвести опробование сеялки.

3.6. Подобрать учетный участок длиной 50 м и обозначить его колышками.

3.7. При последующих проходах агрегата определить показатели работы зерновой сеялки:

– производительность;

– норму высева семян;

– глубину заделки семян.

Производительность посевного агрегата определяется так же, как производительность агрегата КБМ-4,2 в работе 3.

Таблица 4.5

Абсолютная масса семян

	Номер замера			Средняя масса семян	Норма высева	
	1	2	3		кг/га	шт./га
Абсолютная масса семян (масса 1000 зерен)						

Для проверки нормы высева семян сначала нужно подсчитать количество зерен, высеваемых на 1 пог./м рядка. Затем в пяти местах по длине гона на пути немногим более 1 м приподнять два сошника на одной половине сеялки и две - на другой или из этих сошников вынуть семяпроводы, т.е. в 20-ти местах высеять семена на поверхность поля. На метровых отрезках подсчитать количество семян. Среднее значение из 20-ти замеров будет являться нормой высева, она должна отличаться от заданной не более 3%. Из этих замеров определить средние значения высева по рядкам, т.е. определить высев отдельными высевающими аппаратами. Допустимая неравномерность высева отдельными высевающими аппаратами при высеве семян зерновых ± 6%, зернобобовых ± 10%. Данные замеров записать в таблицу 4.6.

Таблица 4.6

Проверка нормы высева семян

Места замеров по длине рядка	Количество семян на 1 пог./м			
	Левая половина сеялки		Правая половина сеялки	
	1 -й рядок	2-й рядок	3-й рядок	4-й рядок
1-е 2-е 3-е 4-е 5-е 6-е 7-е 8-е				
Среднее по рядку				
Среднее по сеялке				

Для проверки глубины заделки семян за каждым сошником, которые не идут по следам трактора, разгребают бороздки на длине рядка около 20 см перпендикулярно направление движения сеялки до появления зерен. Замеряют глубину залегания с помощью линейки и колышка. При проведении учебной практики с целью сокращения времени на определение глубины заделки ее допустимо определять не с 10-ти кратной повторностью по длине участка, а с 3-х кратной. Затем нужно определить среднюю глубину заделки каждым сошником и сеялкой в целом. Отклонение от заданной глубины – не более 15 %. Данные замеров записать в таблицу 4.7.

Таблица 4.7

Глубина заделки семян

Места замеров по длине рядка	Глубина заделки семян (см) сошниками									
	1	2	3	4	5	...	21	22	23	24
1 2 3										
Среднее по рядку										
Среднее по сеялке										

3.8. Для четкого и оперативного определения показателей распределить обязанности между членами звена.

3.9. После выполнения работы на полигоне вернуться в учебный парк, поставить сеялку на место хранения, рассоединить с трактором.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

2. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 2 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С. А. Машков [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013. – 275 с.

3. Технологические регулировки плуга ПЛН-5-35 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.avtomash.ru/katalog/pred/sht/sem/pln535_pas.html?PHPSESSID=gr3fq5ch10da9m7qckr9o3aes2

4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации культиватора КБМ-4,2 [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://agtz.ru/upload/iblock/30c/kbm-_rukovodstvo.pdf

5. Технологические регулировки сеялка СЗ-3,6 [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.zavodritm.ru/media/uploads/2018/04/04/manual-sz-6.pdf.

6. Сельскохозяйственные машины. Настройка и регулировка : учебное пособие / В.П. Капустин, Ю.Е. Глазков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2010. – 196 с. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.tstu.ru/book/-elib/pdf/2010/glazkov-a.pdf.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Памятка по технике безопасности обучающемуся при прохождении практики 4

Методические рекомендации для освоения материалов практики 6

Работа №1. Подготовка навесного плуга к работе и определение показателей его работы в поле 7

Работа №2. Подготовка зубовых борон к работе и определение показателей их работы 23

Работа №3. Подготовка к работе культиватора для сплошной обработки почвы и определение показателей его работы в поле 30

Работа №4. Подготовка к работе зерновой сеялки СЗ-3,6 и определение показателей ее работы 39

Рекомендуемая литература 56

Учебное издание

Петров Александр Михайлович
Есипов Виталий Иванович
Савельев Юрий Александрович
Иванайский Сергей Александрович
Парфенов Олег Михайлович
Васильев Сергей Александрович
Денисов Сергей Владимирович
Грецов Алексей Сергеевич

Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков по обслуживанию и управлению сельскохозяйственной техники

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 24.07.2019. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 3,37; печ. л. 3,62.
Тираж 50. Заказ № 264.

Редакционно-издательский отдел ФГБОУ ВО Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru



Министерство сельского хозяйства
Российской федерации
Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный
аграрный университет»

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

Методические указания

Кинель
ИБЦ Самарского ГАУ
2024

УДК 631.3(07)
ББК 40.72
П 80

Рекомендовано учебно-методическим советом Самарского ГАУ

П 80 Производственные практики : методические указания / С. В. Денисов, С. А. Васильев, А. С. Грецов [и др.]. – Кинель : ИБЦ Самарского ГАУ, 2024. – 21 с.

В методических указаниях определены цели и задачи производственных практик, рассмотрены организационно-правовые вопросы, даны рекомендации по организации обучающихся во время прохождения производственных практик, представлены программы производственных практик, указаны документы и материалы, с которыми должен ознакомиться обучающийся во время прохождения производственных практик. Даны рекомендации по оформлению отчета о прохождения практики.

Методические указания предназначены для обучающихся по направлению 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы в агробизнесе.

© ФГБОУ ВО Самарский ГАУ, 2024
© Денисов С. В., Васильев С. А.,
Грецов А. С., Иванайский С. А.,
Канаев М. А., Киров Ю. А.,
Крючина Н. В., Мишанин А. Л.,
Парфенов О. М., Янзина Е. В., 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 4
1. Организационные основы производственных практик 5
2. Технологическая практика 9
2.1. Цель и задачи технологической практики 9
2.2. Программа технологической практики 10
3. Преддипломная практика 11
3.1. Цель и задачи преддипломной практики 11
3.2. Программа преддипломной практики 11
4. Отчетность по производственным практикам 13
4.1. Содержание отчета о практике 13
4.2. Требования к оформлению отчета о практике 14
4.3. Аттестация по итогам практики 14
Рекомендуемая литература 16
Приложения 18

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящие указания являются методическим обеспечением производственных практик, обучающихся по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия, профиль Технические системы в агробизнесе.

Практика обучающихся является важной составной частью учебного процесса, в результате которого осуществляется их подготовка к профессиональной деятельности.

Данные методические указания определяют цель и задачи производственных практик, форму организации и специфику каждого вида практики.

Целью производственной практики является закрепление основ теоретического обучения и практических навыков, полученных при выполнении практических заданий и лабораторных работ, предшествующих производственной практике; подготовка обучающегося к решению производственных задач и к самостоятельному выполнению научных исследований, в том числе в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

1. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК

Сроки проведения производственных практик устанавливаются в соответствии с рабочим учебным планом и календарным графиком учебного процесса на соответствующий учебный год с учетом требований образовательного стандарта.

Местами проведения производственных практик могут являться:

- структурные подразделения Университета;
- предприятия агропромышленного комплекса, имеющих развитую материально-техническую базу по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту машин;
- товарищества;
- акционерные общества;
- крестьянско-фермерские хозяйства;
- учебные и опытные хозяйства;
- подсобные хозяйства предприятий;
- машинно-технологические станции;
- предприятиях технического сервиса.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья выбор мест прохождения производственной практики производится с учетом состояния здоровья и требованиями доступности.

Производственные практики, проводимые на предприятиях (в учреждениях, организациях), организуются на основании договоров между Университетом и предприятиями (учреждениями, организациями).

Вопросами организации практик занимается декан Инженерного факультета и выпускающая кафедра. Общее методическое руководство практиками осуществляется кафедрами «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства», «Технический сервис».

Для руководства практикой, проводимой на предприятиях (в учреждениях, организациях), назначаются руководитель практики от Университета из числа лиц, относящихся к профессорско-преподовательскому составу.

Для руководства практикой обучающихся в структурных подразделениях Университета назначается руководитель из числа преподователей выпускающей кафедры.

Руководители практики от Университета:

- участвуют в работе по формированию перечня баз практик в текущем учебном году;

- разрабатывают тематику индивидуальных заданий и обеспечивают контроль заполнение дневников практикантов;

- обеспечивают проведение всех организационных мероприятий перед выездом на практику (проведение собраний; инструктаж о порядке прохождения практики и т. д.);

- принимают участие в распределении обучающихся по рабочим местам и перемещении их по видам работ;

- осуществляют контроль за обеспечением предприятием (учреждением, организацией) условий труда и быта обучающихся;

- контролируют выполнение практикантами правил внутреннего трудового распорядка предприятия (учреждения, организации);

- осуществляют контроль за соблюдением сроков прохождения практики и ее содержания;

- оказывают методическую помощь обучающимся при выполнении ими индивидуальных заданий и сборе материалов к курсовым работам и проектам или выпускной квалификационной работе в ходе преддипломной практики;

- оценивают результаты выполнения обучающимися программы практики: рассматривают отчеты о практике, принимают участие в работе комиссии по приему зачетов и выставляют на основании решения комиссии оценки по практике.

Руководитель практики от предприятия (учреждения, организации):

- осуществляет контроль соблюдения практикантом календарного графика, программы практики, правил внутреннего распорядка и трудовой дисциплины, привлекают его к общественной жизни коллектива и выполнению поручений, соответствующих видам будущей профессиональной деятельности;

- предоставляет рабочие места обучающимся и обеспечивает безопасные условия прохождения практики, отвечающие санитарным правилам и требованиям охраны труда;

- проводит инструктаж обучающихся по ознакомлению с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности, а также правилами внутреннего трудового распорядка;

- предоставляет информацию, необходимую для выполнения индивидуального задания по практике;

- по результатам производственной и преддипломной практики дает рекомендации по трудоустройству обучающегося в процессе и (или) после завершения, обучающегося в процессе и (или) после завершения обучения в структурных подразделениях предприятия (учреждения, организации).

Выпускающие кафедры:

- участвуют в разработке и заключении договоров с предприятиями (учреждениями, организациями) о прохождении практики;
- готовят проекты приказов о практике;
- разрабатывают и осуществляют согласование программ практик;
- утверждают индивидуальные задания на практику;
- контролируют распределение обучающихся по базам практик;
- обеспечивают и контролируют проведение руководителями практики от Университета организационных мероприятий перед выездом обучающихся на практику;
- обеспечивают необходимой документацией обучающихся и руководителей практики;
- обеспечивают своевременное представление отчетной документации о практике и организуют прием отчетов по итогам практики;
- предоставляет в деканат Инженерного факультета результаты аттестации обучающихся по итогам практики.

Деканат Инженерного факультета:

- обеспечивает контроль аттестации обучающихся по результатам практик;
- организует рассмотрение вопросов об организации и результатах практик ученым советом факультета.

Обучающиеся при прохождении практики:

- выполняют индивидуальное задание на практику;
- соблюдают действующие правила внутреннего трудового распорядка предприятия (учреждения, организации);
- своевременно готовят отчет о результатах практики, оформленный согласно требованиям программы практики, и предоставить его руководителю практики от Университета;
- в установленный срок проходят промежуточную аттестацию, форма которой определяется учебным планом и программой практики.

Не менее чем за три дня до начала производственной практики выпускающая кафедра организует собрание для обучающихся на котором им сообщают:

- предприятие (организация, учреждение) где будет проводиться практика;
- знакомят с целью, задачами и программой практики;
- выдают индивидуальное задание на практику;
- знакомят с руководителем практики от Университета;
- дают разъяснения по организации практики на предприятии (порядок получения пропусков, график работы предприятия, порядок работы с сотрудниками служб, организующих практику на предприятии, и пр.)

Закрепление мест прохождения практики (включая структурные подразделения Университета) и руководителей практики и числа профессорско-преподавательского состава Университета осуществляется приказом ректора.

Производственная практика обучающихся начинается с общего ознакомления с предприятием. В этот период обучающиеся знакомятся:

- с руководителем практики от предприятия;
- распорядком работы предприятия;
- с организационной структурой всего предприятия в целом: административной схемой управления предприятием, историей предприятия и перспективным планом его развития;
- с назначением и работой всех основных и вспомогательных подразделений, отделов, организацией складского хозяйства и другими подразделениями;
- с требованиями охраны труда, техники безопасности, пожарной безопасности на предприятии.

После общего ознакомления с предприятием обучающийся с помощью руководителя от предприятия приступает к детальному изучению основного производства. В процессе изучения работы предприятия обучающийся получает необходимую технологическую и другую документацию через руководителя практики от предприятия.

В этот же период обучающийся выполняет индивидуальные задания.

Обучающийся, знакомясь с производством, по возникшим у

него вопросам консультируется с руководителем практики от Университета.

Работа обучающегося во время прохождения производственной практики контролируется руководителем практики от предприятия и Университета.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПРАКТИКА

2.1. Цель и задачи технологической практики

Целью практики является развитие системы компетенций и получение практических навыков по применению современных технологий и средств производства сельскохозяйственной продукции, а также анализ деятельности предприятия направленный на закрепление и углубление теоретической подготовки обучающегося.

Задачами практики являются:

- углубление и закрепление теоретических знаний по дисциплинам «Технологии, машины и оборудование в агроинженерии» «Сельскохозяйственные машины» «Эксплуатационные материалы», «Эксплуатация машинно-тракторного парка» «Современные уборочные машины», «Тракторы и автомобили» «Технология и механизация животноводства» «Зарубежная сельскохозяйственная техника», путем непосредственного участия в работе сельскохозяйственного предприятия;

- получение практических навыков по применению современных технологий производства продукции растениеводства и животноводства;

- получение практических навыков по осуществлению производственного контроля параметров технологических процессов производства продукции растениеводства и животноводства;

- ознакомление с основными показателями производственной деятельности предприятия (подразделения), организацией работ, охраной труда, вопросами экологической безопасности;

- изучение технологического оснащения предприятия, нормативно-технической и технологической документации на процессы производства продукции растениеводства и животноводства;

- изучение технологических процессов и операций, методов контроля качества продукции, реализуемых на предприятии;

- изучение передовой научно-технической и производственной

информации по современным технологиям производства продукции растениеводства и животноводства.

2.2. Программа технологической практики

Общая трудоемкость технологической практики составляет 18 зачетных единиц, 648 часов.

Способ проведения производственной технологической практики:

- стационарная;
- выездная.

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

При прохождении технологической практики обучающийся должен особое внимание уделять изучению и оценке существующих на предприятии (организации, учреждении) технологий выполнения механизированных работ в растениеводстве и животноводстве.

Прохождение практики включает в себя следующие этапы:

- *Организационный этап.* Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от образовательной организации. (2 часа)

- *Подготовительно-ознакомительный этап.* Оформление на работу, вводный инструктаж по охране труда. Ознакомление с предприятием. Инструктаж на рабочем месте. (8 часов)

- *Производственная работа (Разделы (этапы) реализуются в форме практической подготовки).* Работа в качестве механизатора, водителя, оператора с.-х. машины. Регулировка, настройка узлов и агрегатов тракторов и автомобилей. Выполнение работ по техническому обслуживанию, или ремонту тракторов и с.-х. машин. Регулировка и настройка с.-х. машин. Компоновка машинно-тракторного. Определение качества выполнения работ. Выполнение работ по постановке техники на хранение и расконсервации с хранения агрегата. (610 часов)

- *Заключительный этап.* Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта и индивидуального задания (28 часов)

3. ПРЕДДИПЛОМНАЯ ПРАКТИКА

3.1. Цель и задачи преддипломной практики

Целью практики является сбор, анализ, обработка и описание необходимого материала по теме выпускной квалификационной работы бакалавра.

Преддипломная практика направлена на закрепление теоретических знаний, приобретение практических умений и навыков на основе выполнения обучающимися сбора, анализа, обработки и описание необходимой информации в области их будущей профессиональной деятельности и формирование компетенций при самостоятельной работе с нормативной, технической и технологической документацией. Практика закрепляет знания и умения, приобретенные обучающимися в результате освоения теоретических курсов, и способствует комплексному формированию компетенций, а также профессионально важных качеств: техническое мышление, креативность, самостоятельность, организованность, внимательность.

Задачами практики являются:

- изучение объектов выпускной квалификационной работы;
- сбор и анализ сведений необходимых для выполнения выпускной квалификационной работы;
- разработка предложений необходимых для формирования цели и постановки задач выпускной квалификационной работы.

3.2. Программа преддипломной практики

Общая трудоемкость преддипломной практики составляет 9 зачетных единиц, 324 ч.

Способ проведения производственной практики:

- стационарная;
- выездная.

Прохождение практики включает в себя следующие этапы:

- *Организационный этап.* Организационное собрание по распределению по местам практики и ознакомления с целью и задачами практики. Вводный инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с методическими материалами и структурой отчета по практике под руководством руководителя практики от университета. (2 часа).

- *Подготовительно-ознакомительный этап.* Оформление на работу, вводный инструктаж по охране труда. Ознакомление с предприятием. Инструктаж на рабочем месте. (8 часов).

- *Производственная работа* *. Сбор, систематизация и обработка фактического материала (работа с главными специалистами предприятия, изучение показателей работы в бухгалтерии и т.д.) (276 часов).

- *Заключительный этап.* Систематизация, обработка и анализ полученных результатов. Самостоятельная работа по оформлению отчёта и индивидуального задания (38 часов).

Варьирование объема часов на выполнение видов производственной работы связано со спецификой предприятия (учреждения, организации) базы практики.

При выездной практике на предприятия в зависимости от задания практики необходимо собрать материал, в который включается:

- характеристика предприятия, штатное расписание, кадровый состав;

- принятая на предприятии система и организация технического обслуживания и ремонта машинно-тракторного парка;

- принятая на предприятии технология производства продукции растениеводства и, (или) животноводства;

- технико-экономические и финансовые показатели работы предприятия;

- и другую информацию, необходимую для написания ВКР.

При прохождении преддипломной практики на кафедрах инженерного факультета основными вопросами, подлежащими разработке, как правило, являются:

- анализ литературных источников по проблеме исследования;

- анализ информации для решения установленной проблемы в конструкции машины или технологии производства продукции растениеводства или животноводства;

- разработка конструктивного или технологического решения.

Основная и дополнительная литература определяется руководителем практики исходя из тематики выпускной квалификационной работы.

4. ОТЧЕТНОСТЬ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРАКТИКАМ

4.1. Содержание отчета о практике

Отчет о производственной практике должен содержать обязательные разделы:

- титульный лист (прил. 1);
- задание на практику (прил. 2);
- план-график прохождения практики (прил. 3);
- содержание;
- отчет (основные разделы):
- производственная работа включает перечень основных видов работ, выполненных обучающимся в период прохождения производственной практики;
- индивидуальное задание, выполняется индивидуально каждым обучающимся, вне зависимости от того, проводился им данный вид работ, или нет;
- заключение о производственной практике включает в себя аналитическое резюме (анализ и обобщенные результаты изучения деятельности организации, рекомендации по повышению эффективности использования автомобильной техники, оборудования в условиях данного предприятия) в соответствии с разделами программы практики.

Наряду с обязательными разделами отчет может содержать дополнительные сведения:

- техника безопасности при прохождении производственной практики содержит общие положения, правила техники безопасности для водителей, правила оказания первой помощи пострадавшим при несчастном случае;
- содержание инструктажа по технике безопасности при поступлении на работу содержит перечень правил техники безопасности, приводимых при первичном инструктаже.

4.2. Требования к оформлению отчета о практике

Текстовая часть отчета выполняется по разработанной на кафедре форме от руки либо на компьютере на листах формата А4 (210×297 мм) без рамки, с соблюдением следующих размеров полей: левое – 30, правое – 10, верхнее – 15, нижнее – 20 мм. При выполнении текстовой части на компьютере страницы текста подлежат обязательной нумерации, которая проводится арабскими цифрами с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту. Тип шрифта: Times New Roman. Шрифт основного текста: обычный, размер 14 пт. Межстрочный интервал: полуторный. Шрифт текста в таблицах: обычный, размер 12 пт.

4.3. Аттестация по итогам практики

Итоговой формой контроля знаний, умений и навыков по производственной практике является дифференцированный зачет. По окончании практики обучающийся не позднее двух недель с начала учебного семестра, следующего за практикой, сдает отчет на проверку руководителю практики от Университета. В последующие две недели защищает отчет перед комиссией. Сроки проведения защиты отчетов и состав комиссии назначается деканатом инженерного факультета. В состав комиссии входят заведующий кафедрой, руководитель практики от университета, ведущий преподаватель кафедры и, по возможности, руководитель практики от предприятия, учреждения или организации.

Критерии и шкала оценивания прохождения обучающимися производственной практики:

Зачет с оценкой *«отлично»* предполагает, что обучающийся выполнил в срок и на высоком уровне весь намеченный объем работы в соответствии с индивидуальным заданием на практику; продемонстрировал в ходе практики высокий уровень обладания всеми, предусмотренными требованиями к результатам практики, навыками, сформированность компетенций; оформил отчет в соответствии с требованиями и в установленный срок; проявил самостоятельность, творческий подход и высокий уровень подготовки по вопросам профессиональной деятельности, организации работы коллектива, самоорганизации в ходе защиты отчета; в ходе защиты отчета продемонстрировал умение излагать материал в логической

последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Зачет с оценкой *«хорошо»* предполагает, что обучающийся полностью выполнил задание по практике, однако допустил незначительные недочеты при расчетах и написании отчета, в основном технического характера; письменный отчет о прохождении практики подготовил в установленный срок в соответствии с требованиями, но с незначительными недочетами, дневник практики составлен в соответствии с предъявляемыми требованиями, но с незначительными недочетами, содержит ежедневные сведения о действиях, выполняемых практикантом. Оценка «хорошо» предполагает при устном отчете обучающегося о результатах прохождения практики ответы на вопросы преподавателя с незначительными недочетами, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций, а также умение излагать материал в основном в логической последовательности, систематично, аргументировано, грамотным языком.

Зачет с оценкой *«удовлетворительно»* предполагает, что обучающийся затруднялся с решением поставленных перед ним задач и допустил существенные недочеты в расчетах и в составлении отчета; отчет составлен с недочетами, дневник практики составлен в основном в соответствии с предъявляемыми требованиями, но с недочетами, содержит ежедневные сведения о действиях, выполняемых обучающимся. Оценка «удовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающийся продемонстрировал использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы, но испытывал затруднения, которые не исключают сформированности у обучающегося соответствующих компетенций на необходимом уровне.

Зачет с оценкой *«неудовлетворительно»* предполагает, что обучающийся не выполнил задание практики, не смог в ходе практики продемонстрировать сформированность компетенций, предусмотренных требованиями к результатам практики; письменный отчет не соответствует установленным требованиям, дневник практики составлен не в соответствии с предъявляемыми требованиями, не содержит ежедневных сведений о действиях, выполняемых практикантом. Оценка «неудовлетворительно» предполагает, что в ходе защиты отчета обучающимся не были даны ответы на вопросы комиссии, не продемонстрировано умение излагать материал в логической последовательности, аргументировано, грамотным языком.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Попов, И. В. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка : учебное пособие. / И. В. Попов, А. А. Петров, А. Н. Кондрашов. – Оренбург : Издетельский центр ОГАУ, 2012 – 288 с.

2. Курчаткин, В. В. Надежность и ремонт машин / В. В. Курчаткин, Н. Ф. Тельнов, К. А. Ачкасов [и др.]. – М. : Колос, 2000. – 776 с.

3. Хабардин, В. Н. Практикум по основам технической эксплуатации машинно-тракторного парка : учеб. пособие / В. Н. Хабардин. – Иркутск : ИрГСХА, 2011. – 265 с.

4. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: механизация и экологическая безопасность производственных процессов : учебное пособие / В. И. Сарбаев, С. С. Селиванов [и др.]. – 2-е. Ростов н/Д: Феникс, 2005. – 380 с.: ил.

5. Есипов, В. И. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч. 1 / В. И. Есипов, А. М. Петров, С. А. Васильев [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 264 с.

6. Есипов, В. И. Сельскохозяйственные машины : учебное пособие. – Ч.2 / В.И. Есипов, А.М. Петров, С.В. Машков [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2013 – 275 с.

7. Болотов, А. К. Конструкция тракторов и автомобилей :учебное пособие / А. К. Болотов, А. А. Лопарев, В. И. Судницин. – М. : Колосс, 2006. – 352 с.

8. Тракторы и автомобили, применяемые в сельском хозяйстве : учебное пособие / В. С. Курасов, Е. И. Трубилин, А. И. Тлишев. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2011. – 132 с

9. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства : учебное пособие. – М. : ФГНУ Росинформагротех, 1995. – 576 с.

10. Ли, Р. И. Основы научных исследований : учебное пособие / Р.И. Ли. – Липецк : Изд-во ЛГТУ, 2013. – 195 с.

11. Пучин, Е.А. Практикум по ремонту машин :учебное пособие / Е. А. Пучин, В. С. Новиков, Н. А. Очковский [и др.] ; Под ред. Е. А. Пучина. – М. : КолосС, 2009. – 327 с.

12. Варнаков, В. В. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения : учебное пособие / В. В. Варнаков, В. В.

Стрельцов, В. Н. Попов, В. Ф. Карпенков. – М. : КолосС, 2000. – 256 с.

13. Халанский, В. М. Сельскохозяйственные машины : учебник / В. М. Халанский, И. В. Горбачев. – М. : Колос, 2006. – 624 с.

14. Мурусидзе, Д. Н. Технология производства продукции животноводства : учебник / Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов. – М. : КолосС, 2005. – 432 с.

15. Лабораторный практикум по механизации животноводства : учебное пособие / В. В. Новиков, Н. В. Фролов, С. В. Денисов [и др.]. – Самара : РИЦ СГСХА, 2011. – 245 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Образец титульного листа отчета о прохождении практики

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Инженерный факультет

Кафедра «Сельскохозяйственные машины
и механизация животноводства»

ОТЧЕТ
о прохождении производственной Технологической практики

_____

Выполнил: _____
Студент 3 курса
Группы 1
направление подготовки: 35.03.06 «Агроинженерия»
профиль «Технические системы в агробизнесе»

личный номер _____
(номер зачетной книжки)

_____
(Фамилия, Имя, Отчество студента полностью)

К защите допущен: _____ / _____ /
(подпись) (Ф.И.О.)

_____ / _____ /
_____ / _____ /
Оценка _____ _____ / _____ /
(цифрой и прописью) подписи членов комиссии (расшифровка подписи)

Самара 202_

Приложение 2

Образец задания

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный аграрный университет»

Факультет Инженерный
Кафедра «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»
Специальность (направление) 35.03.06 «Агроинженерия»

ЗАДАНИЕ

На _____
вид практики

Студенту(ке) _____
(фамилия, имя, отчество полностью, № группы)

Наименование базовой организации

Срок прохождения практики с _____ по _____

Содержание задания на практику
(перечень подлежащих рассмотрению вопросов): _____
_____
_____

Индивидуальное задание _____
_____

Дата выдачи задания
«____» _____ 20 ____ г.

Руководитель практики / _____ / _____
(роспись) (И.О. Фамилия)

Ознакомлен / _____ / _____
(роспись) (И.О. Фамилия)

«____» _____ 20 ____ г.

Приложение 3

Образец план графика прохождения практики

План (график)
прохождения производственной технологической практики

№	Наименование этапов прохождения практики	Сроки выполнения
1	Организационный этап:	
2	Подготовительно ознакомительный этап:	
3	Производственная работа:	
4	Выполнение индивидуальных заданий:	
5	Заключительный этап:	

Обучающийся _____ / _____ /
(подпись) (расшифровка подписи)

Руководитель практики от университета _____ / _____ /
(подпись) (расшифровка подписи)

Учебное издание

Денисов Сергей Владимирович, Васильев Сергей Александрович
Грецов Алексей Сергеевич, Иванайский Сергей Александрович
Канаев Михаил Анатольевич, Киров Юрий Александрович
Крючина Наталья Викторовна, Мишанин Александр Леонидович
Парфенов Олег Михайлович, Янзина Елена Владимировна

ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРАКТИКИ

Методические указания

Отпечатано с готового оригинал-макета
Подписано в печать 13.09.2024. Формат 60×84 1/16
Усл. печ. л. 1,22; печ. л. 1,31.
Тираж 50. Заказ № 257.

Издательско-библиотечный цент Самарского ГАУ
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2
Тел.: 8 939 754 04 86, доб. 608
E-mail: ssaariz@mail.ru