



Министерство сельского хозяйства РФ  
ФГБОУ ВПО «Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

**Г. А. Ленивец, О. С. Володько**

# **ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для выполнения курсовой работы**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2012

УДК 621.431.73 (07)

ББК 40.743 Р

Л-45

**Ленивцев, Г. А.**

**Л-45** Двигатели внутреннего сгорания : методические указания для выполнения курсовой работы / Г. А. Ленивцев, О. С. Володько. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2012. – 76 с.

В данном издании рассмотрена методика проектирования, расчета и оценки технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания.

Методические указания предназначены для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2012

© Ленивцев Г.А., Володько О.С., 2012

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Введение.....	4
1	Цель и задачи курсовой работы.....	5
2	Общие рекомендации по выполнению курсовой работы.....	7
3	Расчет рабочего цикла и показателей двигателя.....	11
	3.1 Выбор исходных данных для теплового расчета.....	11
	3.2 Процесс впуска.....	13
	3.3 Процесс сжатия.....	15
	3.4 Процессы смесеобразования и сгорания.....	16
	3.5 Процессы расширения и выпуска.....	21
	3.6 Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя.....	22
	3.7 Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ.....	27
	3.8 Расчет теплового баланса двигателя.....	29
	3.9 Расчет и построение индикаторной диаграммы.....	30
	3.10 Исследование взаимосвязи параметров рабочего цикла.....	32
4	Динамический расчет двигателя.....	34
	4.1 Анализ схемы сил, действующих в КШМ проектируемого двигателя.....	34
	4.2 Обоснование входных параметров и методы динамического расчета двигателя.....	38
	4.3 Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца.....	39
	4.4 Расчет и построение диаграммы тангенциальных сил и крутящего момента двигателя.....	42
	4.5 Расчет маховика проектируемого двигателя.....	45
	4.6 Расчет подшипника кривошипной головки шатуна.....	46
	Заключение.....	49
	Рекомендуемая литература.....	50
	Приложения.....	52

## ВВЕДЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания относятся к наиболее распространенным тепловым машинам. Идея сжигания топлива внутри цилиндра поршневой машины возникла еще в конце XIII века, но только во второй половине XIX века создались условия для разработки и производства двигателей внутреннего сгорания. Первый такой двигатель, созданный в 1860 г. французским механиком Э. Лемуаром, работал на светильном газе по двухтактному циклу без предварительного сжатия заряда. В 1879 г. в России И. С. Костович создал проект двигателя для дирижабля, работавшего на жидком топливе (бензине). В 1896 г. немецкий инженер Р. Дизель сконструировал двигатель с воспламенением от сжатия. В России же только в 1899 г. приступили к созданию такого двигателя.

В настоящее время многие отечественные и зарубежные ученые успешно разрабатывают вопросы теории двигателей внутреннего сгорания. Современные моторостроительные заводы, научно-исследовательские и учебные институты ведут работы по совершенствованию конструкций двигателей, улучшению их удельных показателей и эксплуатационных качеств, по повышению моторесурса. Все это требует от специалистов высокого профессионализма и творческого подхода к своему делу.

Государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению 190600 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» предусматривает оценку технического уровня энергетических средств, направлений и методов улучшения их технико-экономических и экологических параметров. С этой целью в учебный процесс включена дисциплина «Двигатели внутреннего сгорания» в рамках которой запланировано выполнение курсовой работы «Расчет двигателя внутреннего сгорания».

## 1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Одним из важных этапов освоения дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания» студентами направления 190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» является выполнение курсовой работы.

Цель курсовой работы состоит в формировании у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию двигателей автомобилей и овладении методикой и навыками самостоятельного решения задач по проектированию, расчету и оценке технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания.

Задачи курсовой работы:

- развитие творческой самостоятельности применения полученных знаний, умение использовать литературные источники, патентную и лицензионную информацию, нормативно-техническую документацию, результаты научных исследований и другие материалы в решении инженерных задач;

- приобретение навыков и развитие творческого подхода к оценке технического уровня двигателей внутреннего сгорания, анализу их мощностных и экономических показателей, сравнению конструктивных разработок отдельных узлов, сборочных единиц, систем и механизмов;

- приобретение навыков расчета основных параметров рабочего цикла и показателей двигателей, динамического расчета силовых механизмов двигателей;

- освоение методики выполнения и оформления расчетных и графических работ, обобщение и развитие навыков оценки полученных результатов, использование методов программированного расчета на ПЭВМ в процессе проектирования и оценки технико-экономических показателей двигателей внутреннего сгорания.

Выполнение курсовой работы способствует формированию у студентов следующих **компетенций**:

- использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-10);

- готов к выполнению элементов расчетно-проектировочной работы по созданию и модернизации систем и средств

эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ПК-2);

- способен в составе коллектива исполнителей к выполнению теоретических, экспериментальных, вычислительных исследований по научно-техническому обоснованию инновационных технологий эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов (ПК-18).

По результатам выполнения курсовой работы студент **должен:**

**знать:**

- основы теории двигателя, определяющие его эксплуатационные свойства;

- основные факторы, влияющие на работу двигателей и способы обеспечения их работы с максимальной производительностью, экономичностью и выполнением экологических требований;

**уметь:**

- выполнять основные тепловые, динамические, экономические и экологические расчеты двигателя, в том числе с применением ЭВМ;

**владеть:**

- опытом сравнения и выбора различных двигателей по назначению, эксплуатационным и экологическим показателям.

## 2 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Курсовая работа «Расчет двигателя внутреннего сгорания (д.в.с.)» выполняется по индивидуальному заданию в процессе изучения дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания» на 3 курсе (6 семестр) и состоит из двух частей:

Часть 1 – расчет рабочего цикла двигателя;

Часть 2 – динамический расчет двигателя.

Защита курсовой работы проводится до экзаменационной сессии 6 семестра. Форма титульного листа курсовой работы представлена в приложении 1.

Индивидуальное задание на курсовую работу (прил. 2) включает наименование (модель) прототипа двигателя внутреннего сгорания 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 автомобилей.

### Содержание курсовой работы.

Курсовая работа состоит из 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 [10] и включает последовательно расположенные:

- титульный лист (прил. 1);
- индивидуальное задание на курсовую работу (прил. 2);
- реферат;
- оглавление;
- введение;
- расчет рабочего цикла д.в.с.;
- динамический расчет двигателя;
- заключение;
- список использованной литературы и источников;
- приложения.

Выполнение курсовой работы и оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется по мере изучения дисциплины «Двигатели внутреннего сгорания» по двум частям.

### *Часть 1. Расчет рабочего цикла двигателя.*

В данный период выполнения курсовой работы 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 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 (студенты очного отделения);
- определить составляющие теплового баланса;
- провести расчеты и построить индикаторную диаграмму рабочего цикла проектируемого двигателя.

### *Часть 2. Динамический расчет двигателя.*

В данный период в соответствии с индивидуальным заданием необходимо:

- 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



результатирующей силы, действующей на шатунную шейку;

- определить параметры шатунного подшипника проектируемого двигателя;
- представить на проверку результаты теплового и динамического расчетов двигателя руководителю в указанные в индивидуальном задании сроки.

#### *Оформление курсовой работы:*

- обобщить результаты расчетов курсовой работы и заполнить общие формы и разделы: титульный лист; индивидуальное задание; реферат; оглавление; введение; заключение; список использованной литературы и источников; приложения. Заключение должно включать анализ результатов по всей курсовой работе.

Графическая часть курсовой работы включает графики и диаграммы:

- индикаторная диаграмма рабочего цикла проектируемого двигателя в сочетании с диаграммой сил, приведенных к оси поршневого пальца (с учетом поправки Брикса);
- графики влияния заданных параметров на мощностные и экономические показатели двигателя;
- диаграмма тангенциальной силы одного цилиндра и суммарной, совмещенной на одном графике;
- диаграмма результирующей силы, приведенной к оси шатунной шейки.

Графическая часть курсовой работы должна выполняться в соответствии с требованиями ГОСТ 2.107–68; ГОСТ 2.109–73; ГОСТ 2.315–68; ГОСТ 2.104–68; ГОСТ 2.105–69; ГОСТ 2.106–69 и 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).

Пояснительная записка оформляется на листах А4 от руки или машинным текстом с использованием ПЭВМ.

#### *Защита курсовой работы.*

- Выполненная курсовая работа представляется руководителю с целью проверки, подписи и допуска к защите.
- Защита проводится публично перед комиссией в форме доклада о выполненной работе (5...8 мин) и ответов на вопросы

членов комиссии и присутствующих. Доклад должен включать информацию о результатах расчетов и основные выводы об эффективности проектируемого энергетического средства.

- Дифференцированная оценка результатов защиты как правило учитывает содержание доклада, качество оформления пояснительной записки и графической части, результаты расчетов и ответы на вопросы комиссии.

### 3 РАСЧЕТ РАБОЧЕГО ЦИКЛА И ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДВИГАТЕЛЯ

Двигатель, как силовая установка мобильного энергетического средства, является его основной, преобразующей различные виды энергии в механическую работу. Современные автомобили, являющиеся основными энергетическими средствами при перевозках грузов и пассажиров, оборудованы тепловыми двигателями внутреннего сгорания, где реализуются действительные рабочие циклы с учетом назначения и типа двигателя, вида топлива, способов смесеобразования, воспламенения и сгорания топливовоздушной смеси.

#### 3.1 Выбор исходных данных для теплового расчета

Одним из важных этапов выполнения курсовой работы 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 автомобильных двигателей приведены в приложениях 3, 4.

Исходные параметры рекомендуется выбирать, используя данные прототипа.

Степень сжатия задается или выбирается в зависимости от типа двигателя и его назначения.

Для современных 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;
- ДВС с распределенным впрыском топлива – 10...20 м/с;
- дизели – 5...12 м/с.

Коэффициент наполнения:

- карбюраторные двигатели – 0,75...0,85;

- ДВС 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;
- двигатели 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.

Основным информационным показателем результатов теплового расчета и эффективности рабочего цикла двигателя является его индикаторная диаграмма (рис. 3.1, 3.2).

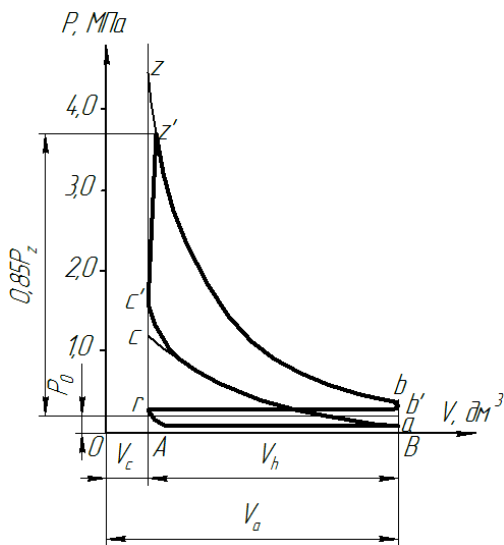


Рис. 3.1. Индикаторная диаграмма четырехтактного двигателя с искровым зажиганием

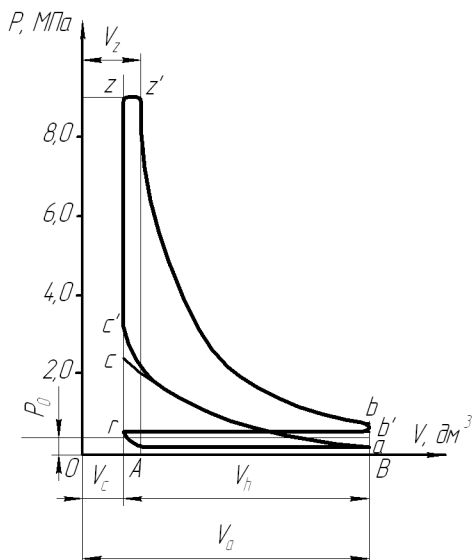


Рис. 3.2. Индикаторная диаграмма четырехтактного дизельного двигателя

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.

### 3.2 Процесс впуска

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  $P_k$  и температуре  $T_k$  воздуха на выходе из нагнетателя.

В зависимости от степени наддува принимаются следующие значения давления  $P_{\kappa}$  наддувочного воздуха:

- низкий наддув —  $1,5P_0$ ;
- средний наддув —  $(1,5 \dots 2,2)P_0$ ;
- высокий наддув —  $(2,2 \dots 2,5)P_0$ .

Температура воздуха за компрессором:

$$T_{\kappa} = T_0 \cdot \left( \frac{P_{\kappa}}{P_0} \right)^{\frac{n_{\kappa}-1}{n_0}}, \text{ К}, \quad (3.1)$$

где  $n_{\kappa}$  — показатель политропы сжатия воздуха в компрессоре.

По опытным данным значения  $n_{\kappa}$  принимают в следующих пределах: для осевых и центробежных нагнетателей  $n_{\kappa} = 1,4 \dots 2,0$ .

Для автотракторных двигателей без наддува и с наддувом давление остаточных газов:

$$P_r = (1,05 \dots 1,25) \cdot P_0, \text{ МПа}. \quad (3.2)$$

Для двигателей с высокой частотой вращения принимают более высокие значения  $P_r$ .

Для двигателей с газотурбинным наддувом:

$$P_r = (0,75 \dots 0,98) \cdot P_{\kappa}, \text{ МПа}. \quad (3.3)$$

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 —  $900 \dots 1100 \text{ К}$ ;
- газовые двигатели —  $750 \dots 1000 \text{ К}$ ;
- дизели без наддува и с наддувом —  $600 \dots 900 \text{ К}$ .

Температура подогрева заряда  $\Delta T$  по опытным данным составляет:

- карбюраторные и газовые двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива —  $5 \dots 25^{\circ}$ ;
- дизели без наддува —  $20 \dots 40^{\circ}$ ;
- дизели с наддувом —  $0 \dots 10^{\circ}$ .

Давление в конце впуска:

$$P_a = P_0 - \Delta P_a, \text{ МПа}; \quad (3.4)$$

$$P_a = P_{\kappa} - \Delta P_a, \text{ МПа}. \quad (3.5)$$

Современные автотракторные четырехтактные двигатели значения  $\Delta P_a$  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  $-(0,03...0,10)P_k$ .

Температура в конце впуска:

$$T_a = \frac{T_k + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}, \text{ К}, \quad (3.6)$$

где  $\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов.

$$\gamma_r = \frac{T_k + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r}. \quad (3.7)$$

Для четырехтактных двигателей без наддува в расчетах принимают  $T_k = T_0$ ,  $P_k = P_0$ .

Значения  $\gamma_r$  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  $-320...380 \text{ К}$ ;
- дизели без наддува  $-310...350 \text{ К}$ ;
- дизели с наддувом  $-320...400 \text{ К}$ .

### 3.3 Процесс сжатия

Расчет давления  $P_c$  и температуры  $T_c$  в конце сжатия проводят по уравнениям полиетропического процесса:

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}, \text{ МПа}; \quad (3.8)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}, \text{ К}, \quad (3.9)$$

где  $n_1$  – средний показатель полиетропы сжатия, который определяется по эмпирической формуле:

$$n_1 = 1,41 - \frac{100}{n}, \quad (3.10)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>.

Значения  $n_1$ ,  $P_c$  и  $T_c$  для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

карбюраторные и газовые двигатели:

$$n_1 = 1,34... 1,39; P_c = 0,9...1,6 \text{ МПа}; T_c = 650...800 \text{ К};$$

двигатели с распределенным впрыском топлива:

$$n_1 = 1,36... 1,38; P_c = 2,0...2,6 \text{ МПа}; T_c = 780...820 \text{ К};$$

дизели без наддува:

$$n_1 = 1,38... 1,42; P_c = 3,5...5,5 \text{ МПа}; T_c = 700...900 \text{ К};$$

дизели с наддувом:

$$n_1 = 1,35...1,38; P_c = 6...8 \text{ МПа}; T_c = 900...1000 \text{ К}.$$

### 3.4 Процессы смесеобразования и сгорания

Процессы смесеобразования и сгорания являются основными в реализации рабочего цикла двигателя, в течение которого теплота, выделяющаяся при сгорании топливо-воздушной 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 5.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг жидкого или 1 м<sup>3</sup> газообразного топлива определяет по его элементарному составу.

Для жидких топлив соответственно в  $l_0$  [кг воздуха/кг топлива] и  $L_0$  [киломолярный воздух/кг топлива]:

$$l_0 = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3C} + 8H - O_T \right); \quad (3.11)$$



$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right); \quad (3.12)$$

$$l_0 = m_B \cdot L_0, \quad (3.13)$$

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 5).

Для газообразного топлива в [моль воздуха / моль топлива] или [м<sup>3</sup> воздуха / м<sup>3</sup> топлива]:

$$L'_0 = \frac{1}{0,21} \left[ \frac{r_{CO}}{2} + \frac{r_{H_2}}{2} + \sum r_{C_m H_n} \cdot \left( m + \frac{n}{2} \right) - r_{O_2} \right], \quad (3.14)$$

где  $n, m, r$  – соответственно число атомов углерода (0...5), водорода (0...12) и кислорода (0...2).

Действительное количество воздуха, поступившее в цилиндр:

$$M_1 = L = \alpha \cdot L_0, \quad (3.15)$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Количество остаточных газов в цилиндре двигателя равно:

$$M_r = \gamma_r \cdot M_1 = \gamma_r \cdot \alpha \cdot L_0. \quad (3.16)$$

Для газообразного топлива количество остаточных газов:

$$M_r = \gamma_r \cdot (\alpha \cdot L'_0 + 1), \quad (3.17)$$

где  $\gamma_r$  – коэффициент остаточных газов.

Число киломолей продуктов сгорания 1 кг жидкого топлива в [кмоль/кг]:

$$\text{при } \alpha \geq 1: M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O_T}{32}; \quad (3.18)$$

$$\text{при } \alpha < 1: M_2 = \alpha \cdot L_0 + \frac{H_2}{4} + \frac{O_T}{32} + 0,21 \cdot L_0 (1 - \alpha). \quad (3.19)$$

Для газообразного топлива:

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{N_2} + M_{O_2}, \quad (3.20)$$

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:

$$M_{CO_2} = r_{CO} + \sum r_{C_m H_n} \cdot m + r_{CO_2}; \quad (3.21)$$

$$M_{H_2O} = r_{H_2} + \sum r_{C_m H_n} \cdot n/2 + r_{H_2O}; \quad (3.22)$$

$$M_{N_2} = 0,79\alpha \cdot L'_0 + r_{N_2}; \quad (3.23)$$

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1)L'_0. \quad (3.24)$$

Действительный коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси характеризует изменение объема газов при сгорании и равен:

$$\beta = \frac{M_z}{M_c} = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r}, \quad (3.25)$$

- для карбюраторных двигателей и двигателей с распределенным впрыском топлива  $-\beta = 1,05 \dots 1,08$ ;
- для дизелей  $-\beta = 1,01 \dots 1,05$ ;
- для газовых двигателей  $-\beta = 0,95 \dots 1,07$ .

Давление в конце сгорания определяют по формулам:

- карбюраторные двигатели

$$P_z = \beta \cdot P_c \cdot \frac{T_z}{T_c}; \quad (3.26)$$

- дизели

$$P_z = \lambda \cdot P_c, \quad (3.27)$$

где  $\lambda$  – степень повышения давления.

Значение  $\lambda$  для автотракторных двигателей составляет:

- карбюраторные двигатели  $- 3 \dots 4$ ;
- газовые двигатели и двигатели с распределенным впрыском топлива  $- 3 \dots 5$ ;
- дизели  $- 1,2 \dots 2,5$ .

Температура в конце сгорания определяется из уравнения сгорания, которое имеет вид:

- карбюраторные двигатели

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot (Q_H - \Delta Q_H)}{\alpha \cdot L_0(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_V \cdot T_z; \quad (3.28)$$

- дизели

$$(C_{V_1} + 8,315 \cdot \lambda) \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_0(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_p \cdot T_z; \quad (3.29)$$

- газовые двигатели

$$C_{V_1} \cdot T_c + \frac{\xi \cdot Q_H \cdot 10^3}{(\alpha \cdot L'_0 + 1)(1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C''_V \cdot T_z, \quad (3.30)$$

где  $\xi$  – коэффициент использования тепла, значение которого находится в пределах:

- ДВС 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 5;

$\Delta Q_H$  – потеря части теплотворности из-за химической неполноты сгорания топлива при  $\alpha < 1$ .

$$\Delta Q_H = 12 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0 \cdot 10^4, \text{ кДж/кг топлива.} \quad (3.31)$$

Средние молекулярные теплоемкости в кДж/(к·мольК) подсчитываются по следующим формулам:

- для свежего заряда:

$$C_{V_1} = 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot T_c, \quad (3.32)$$

где  $T_c$  – температура в конце сжатия, К;

- для продуктов сгорания:

$$C'_V = (18,4 + 2,6 \cdot \alpha) + (15,5 + 13,8 \cdot \alpha) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \text{ (при } \alpha < 1); \quad (3.33)$$

$$C'_p = 8,315 + (20 + \frac{0,92}{\alpha}) + (15,5 + \frac{13,8}{\alpha}) \cdot 10^{-4} \cdot T_z \text{ (при } \alpha \geq 1);$$

- для продуктов сгорания газовых двигателей:

$$C_V'' = \sum r_k \cdot C_{V_1}, \quad (3.34)$$

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:

$$r_k = \frac{M_k}{M_2}, \quad (3.35)$$

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:

$$\begin{aligned} C_{V_1} &= 25,5 + 4,19 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } H_2O); \\ C_{V_1} &= 38,5 + 3,35 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } CO_2); \\ C_{V_1} &= 22,2 + 1,26 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } N_2); \\ C_{V_1} &= 23 + 1,67 \cdot 10^{-3} \cdot T_z \quad (\text{для } O_2). \end{aligned} \quad (3.36)$$

Определив числовые значения всех параметров, уравнения сгорания (3.28...3.30) приводят к квадратному уравнению:

$$a \cdot T_z^2 + b \cdot T_z + c = 0. \quad (3.37)$$

Из этого уравнения определяется значение температуры  $T_z$ :

$$T_z = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2 \cdot a}, \text{ К.} \quad (3.38)$$

Значения температуры и давления газов в конце сгорания для современных автотракторных двигателей при работе с полной нагрузкой составляют:

- для карбюраторных двигателей:

$$T_z = 2400 \dots 2900 \text{ К}; P_z = 3,5 \dots 6,5 \text{ МПа};$$

- для двигателей с распределенным впрыском топлива:

$$T_z = 2700 \dots 3100 \text{ К}; P_z = 8 \dots 10 \text{ МПа};$$

- для дизелей:

$$T_z = 1800 \dots 2300 \text{ К}; P_z = 5 \dots 12 \text{ МПа};$$

- для газовых двигателей:

$$T_z = 2200 \dots 2500 \text{ К}; P_z = 3 \dots 5 \text{ МПа}.$$

### 3.5 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

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}}; T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2-1}}; \quad (3.39)$$

- для дизелей

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}; T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}, \quad (3.40)$$

где  $\delta$  – степень последующего расширения;

$$\delta = \frac{V_b}{V_z} = \frac{\varepsilon}{\rho}, \quad (3.41)$$

где  $\rho$  – степень предварительного расширения;

$$\rho = \frac{V_z}{V_c} = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c}. \quad (3.42)$$

Для автотракторных дизелей

$$\delta = 10 \dots 18; \rho = 1,2 \dots 2,4.$$

Показатель политропы расширения  $n_2$  для современных автотракторных двигателей определяется по формуле:

$$n_2 = 1,22 + \frac{130}{n}. \quad (3.43)$$

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:

$$P_b = 0,35...0,60 \text{ МПа}, T_b = 1400...1700 \text{ К};$$

- для дизелей:

$$P_b = 0,2...0,5 \text{ МПа}, T_b = 1000...1400 \text{ К}.$$

Для проверки теплового расчета и правильности выбора параметров процесса выпуска можно использовать формулу профессора Е.К. Мазинга:

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{P_b / P_r}}. \quad (3.44)$$

Если полученная величина  $T_r$  значительно (более 15%) отличается от ранее выбранной (подраздел 3.2), то необходимо внести уточнения в тепловой расчет.

### 3.6 Определение параметров рабочего цикла, основных показателей и размеров двигателя

Теоретическое среднее индикаторное давление можно определить по построенной индикаторной диаграмме (рис. 3.1, 3.2):

$$P_{i \text{ расч}} = \mu_p \cdot \frac{F}{l}, \quad (3.45)$$

где  $F$  – площадь индикаторной диаграммы ( $a, c, z, z', b, a$ ), мм<sup>2</sup>;

$\mu_p$  – масштаб индикаторной диаграммы по оси давлений (1 мм =  $\mu$  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):

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] \quad (3.46)$$

для двигателей с искровым зажиганием:

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}}\right) \right] \quad (3.47)$$

Точность построения индикаторной диаграммы оценивается коэффициентом погрешности:

$$\delta_n = [(P'_{i \text{ расч}} - P'_i) / P'_{i \text{ расч}}] \cdot 100\% \quad (3.48)$$

Коэффициент  $\delta_n$  не должен превышать 3...4%.

Действительное среднее индикаторное давление определяется из уравнения:

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i, \quad (3.49)$$

где  $\nu$  – коэффициент полноты индикаторной диаграммы (для двигателей с искровым зажиганием –  $\nu = 0,94...0,97$ ; для дизелей –  $\nu = 0,92...0,95$ ).

$\Delta P_i = P_r - P_a$  – потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов.

Величина среднего индикаторного давления для автотракторных 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:

$$\text{при } S/D > 1 \quad P_{,м} = 0,05 + 0,0155 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (3.50)$$

$$\text{при } S/D < 1 \quad P_{,м} = 0,04 + 0,0135 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (3.51)$$

- для дизелей с неразделенной камерой сгорания:

$$P_m = 0,105 + 0,012 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (3.52)$$

- для дизелей с разделенной камерой сгорания:

$$P_m = 0,105 + 0,014 \cdot C_n, \text{ МПа}; \quad (3.53)$$

где  $C_n$  – скорость поршня при номинальной мощности.

Среднее эффективное давление:

$$P_e = P_i - P_m. \quad (3.54)$$

Механический К.П.Д. двигателя:

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i}. \quad (3.55)$$

Механический К.П.Д. двигателей находится в следующих пределах:

- двигатели с искровым зажиганием – 0,7...0,90;
- дизели без наддува – 0,7...0,82;
- дизели с наддувом – 0,8...0,90.

Среднее эффективное давление для современных автотракторных двигателей составляет:

- двигатели с искровым зажиганием – 0,5...1,3 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  $\tau$  и среднего эффективного давления  $P_e$ , определяется рабочий объем цилиндра двигателя по формуле:

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i}. \quad (3.56)$$

Рабочий объем цилиндра, с другой стороны, равен:

$$V_h = \pi \cdot S \cdot \frac{D^2}{4}, \quad (3.57)$$

где  $D$  – диаметр цилиндра, дм;

$S$  – ход поршня, дм.

Диаметр цилиндра определяется из выражения:



$$D = 100 \cdot \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V_h}{\pi \cdot k}}, \text{ мм}, \quad (3.58)$$

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 – 0,90...1,3.

Ход поршня

$$S = D \cdot k. \quad (3.59)$$

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

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6}, \text{ л}, \quad (3.60)$$

- эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт}; \quad (3.61)$$

- эффективный крутящий момент

$$M_k = 9550 \cdot \frac{N_e}{n}, \text{ Нм}; \quad (3.62)$$

- средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4}, \text{ м/с}. \quad (3.63)$$

Оценка работы двигателя, с точки зрения использования рабочего объема, а также тепловой и динамической напряженности, производится по удельной литровой и поршневой мощностям:

$$N_l = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/л}; \quad (3.64)$$

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau}, \text{ кВт/дм}^2. \quad (3.65)$$

Значения литровой  $N_l$  и поршневой  $N_n$  мощностей для современных автотракторных двигателей находятся в следующих пределах:

	$N_l$	$N_n$
•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

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e}, \text{ г/(кВт ч)}, \quad (3.66)$$

где  $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m$  – эффективный К.П.Д. двигателя;

- часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000}, \text{ кг/ч}; \quad (3.67)$$

- индикаторный К.П.Д. двигателя вычисляется по выражению

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v}, \quad (3.68)$$

где  $l_0 \approx 14,5$  кг/кг;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$Q_n$  – низшая теплотворная способность топлива, кДж/кг;

$\eta_v$  – коэффициент наполнения:

$$\eta_v = \frac{(P_a \cdot \varepsilon - P_r) \cdot T_k}{P_k (\varepsilon - 1) \cdot (T_k + \Delta T)}; \quad (3.69)$$

$\rho_0$  – плотность заряда на впуске, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho_0 = P_0 \cdot 10^6 / (B \cdot T_0) \quad \text{или} \quad \rho_k = P_k \cdot 10^6 / (B \cdot T_k) - \text{ при}$$

наддуве,

где  $B$  – удельная газовая постоянная [ $B = 287$  Дж/(кг·град)].

Для современных двигателей  $\eta_i$  составляет:

- двигатели с искровым зажиганием – 0,26...0,35;
- дизели – 0,38...0,50.

Эффективный к.п.д. для автотранспортных 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:

$$v_e = 87,8 / (Q_n \cdot \eta_e), \text{ м}^3/(\text{кВт} \cdot \text{ч}). \quad (3.70)$$

Удельный эффективный расход теплоты:

$$g_e = (v_e \cdot Q_n) / 24,4, \text{ МДж}/(\text{кВт} \cdot \text{ч}). \quad (3.71)$$

Значение эффективного удельного расхода топлива составляет:

- карбюраторные 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  $T_0 = 288\text{K}$ ;  $P_0 = 0,098$  МПа):

$$G_T = v_e \cdot N_e, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (3.72)$$

Полученные значения основных размеров двигателя и показатели эффективности его работы заносятся в таблицу 3.1.

### 3.7 Оптимизация показателей проектируемого двигателя по программе ПЭВМ

Результаты теплового расчета двигателя и его основные размеры записываются в таблице 3.1.

Таблица 3.1

### Результаты теплового расчета двигателя

Давление газов, МПа					Температура газов, К°					Среднее давление МПа		К. п. д.			Удельный эффективный расход топлива	Размеры двигателя		
$P_a$	$P_c$	$P_z$	$P'_z$	$P_b$	$T_a$	$T_c$	$T_z$	$T_b$	$P_e$	$P_i$	$\eta_i$	$\eta_M$	$\eta_e$	$g_e$ , г/(кВт ч)	$S$ , мм	$D$ , мм	$V_h$ , л	

Представленные в таблице 3.1 данные являются результатом предварительного ручного расчета параметров проектируемого двигателя, которые не всегда могут быть оптимальными в сравнении с прототипом по основным показателям: эффективная мощность  $N_e$ , размеры двигателя  $D$  и  $S$ , удельный эффективный расход топлива  $g_e$ .

В связи с этим, необходимо определить наиболее оптимальный вариант теплового расчета проектируемого двигателя с помощью расчетных программ ПЭВМ, имеющихся в ВЦ академии и 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.

Таблица 3.2

Сравнение показателей прототипа и результатов теплового расчета проектируемого двигателя

Показатели	$N_e$ , 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.

### 3.8 Расчет теплового баланса двигателя

Количество теплоты, выделяемой при сгорании вводимого в двигатель топлива за определенное время:

для жидкого топлива

$$Q_0 = \frac{Q_H \cdot G_T}{3600}, \text{ кДж/с}, \quad (3.73)$$

где  $Q_H$  – низшая теплота сгорания, кДж/кг;  
для газообразного топлива

$$Q_0 = Q_H \cdot G_T / 87,8, \text{ кДж/с}, \quad (3.74)$$

где  $Q_H$  – низшая теплота сгорания, МДж/кмоль;  
 $G_T$  – часовой расход топлива, м<sup>3</sup>/ч.

Теплота, эквивалентная эффективной работе:

$$Q_e = N_e, \text{ кДж/с}, \quad (3.75)$$

где  $N_e$  – эффективная мощность двигателя, кВт.

Количество теплоты, передаваемой охлаждающей жидкости:

$$Q_{охл} = c \cdot i \cdot D^{1+2m} \cdot n^m \cdot \frac{Q_H - \Delta Q_H}{\alpha \cdot Q_H \cdot 1000}, \text{ кДж/с}, \quad (3.76)$$

где  $c$  – коэффициент пропорциональности (для четырехтактных двигателей  $c = 0,45 \dots 0,53$ );

$i$  – число цилиндров;

$D$  – диаметр цилиндра, см;

$m$  – показатель степени ( $m = 0,6 \dots 0,7$ );

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

Количество теплоты, теряемое в связи с неполнотой сгорания при  $\alpha < 1$ :

$$\Delta Q_H = 12 \cdot 10^4 \cdot (1 - \alpha) \cdot L_0, \text{ кДж/кг}, \quad (3.77)$$

$$Q_{н.с.} = \frac{\Delta Q_H \cdot G_T}{3600}, \text{ кДж/с}. \quad (3.78)$$

Количество теплоты, теряемой с отработавшими газами:

$$Q_{\bar{a}} = \frac{G_T (c'_p M_2 T'_r - c_{p1} \alpha \cdot L_0 T_0)}{3600}, \text{ кДж/с; (3.79)}$$

для двигателей, работающих на газовом топливе:

$$Q_{\bar{a}} = \frac{G_T [c'_p \cdot M_2 \cdot T'_r - \bar{n} \cdot (\alpha \cdot L_0 + 1) \cdot T_0]}{87,8}, \text{ кДж/с, (3.80)}$$

где  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;

$T'_r$  – температура отработавших газов ( $T'_r = T_r - 70^\circ$ );

$c_p$  и  $c'_p$  – средние молекулярные теплоемкости свежего заряда и продуктов сгорания;

$$c_{p1} = 8,315 + c_{v1}; \quad (3.81)$$

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:

$$Q_{ост} = Q_0 - (Q_e + Q_{охл} + Q_z + Q_{н.с.}). \quad (3.82)$$

Составляющие теплового баланса показаны в таблице 3.3.

Таблица 3.3

Результаты расчета теплового баланса двигателя

Составляющие теплового баланса	$Q$ , кДж/с	$q$ , %

### 3.9 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. 3.1, 3.2) откладывают произвольный отрезок, изображающий в каком-либо масштабе объем камеры сгорания  $V_c$ , этот отрезок принимается за единицу. Затем на этой оси откладываются в принятом масштабе объемы:

$$V_z = \rho \cdot V_c; \quad V_a = \varepsilon \cdot V_c = V_c + V_h.$$

Выбираем масштаб давлений  $\mu_P$  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:

$$P_x = P_a \cdot \left( \frac{V_a}{V_x} \right)^{n_1} \quad - \text{ для политропы сжатия;}$$

$$P'_x = P_b \cdot \left( \frac{V_b}{V_x} \right)^{n_2} \quad - \text{ для политропы расширения,}$$

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...  $\varepsilon$ , для дизелей в первом случае от 1 до  $\varepsilon$ , во втором – 1...  $\delta$ , где  $\delta$  – степень последующего расширения.

Для построения политроп необходимо определить значения давлений в 9 точках, включая точки  $a$  и  $c, z$  и  $b$ .

Результаты расчетов ординат точек политроп рекомендуется записать в таблицу 3.4.

Таблица 3.4

## Расчет политропа сжатия и расширения

№ точек	Ox, мм	OB/Ox	Политропа сжатия			Политропа расширения		
			$(OB/Ox)^{n_1}$	$Px/\mu_p$ , мм	$Px$ , МПа	$\left(\frac{OB}{OX}\right)^{n_2}$	$P'x/\mu_p$ , мм	$P'x$

Расчет параметров таблицы 3.4 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. 3.1) или отрезка  $cz'$  (рис. 3.2), 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. 3.1). Положение точки  $z'$  (рис. 3.1) должно быть смещено вправо от линии  $cz$  на  $10...15^\circ$  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. 3.1, 3.2).

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.

### 3.10 Исследование взаимосвязи параметров рабочего цикла

Данный раздел выполняется студентами очной формы обучения.

Технический уровень двигателя внутреннего сгорания характеризуется взаимосвязью основных параметров и показателей рабочего цикла, которые можно подразделить на следующие группы:



*динамические:*

- $N_e$ , мощность эффективная, кВт;
- $M_e$ , крутящий момент эффективный, Нм;
- $n$ , частота вращения коленвала, мин<sup>-1</sup>;

*экономические:*

-  $\eta_i$ ,  $\eta_M$ ,  $\eta_e$ , коэффициенты полезного действия (индикаторный, механический, эффективный);

- $G_T$ , часовой расход топлива, кг/ч;
- $g_e$ , удельный расход топлива, г/кВтч;

*конструкционные, теплотехнические и характеристические:*

- $\varepsilon$  – степень сжатия;
- $D$ ,  $S$  – диаметр цилиндра и ход поршня, мм;
- $\lambda$  – степень повышения давления;
- $\eta_v$  – коэффициент наполнения цилиндров;
- $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха.

В данном подразделе необходимо установить взаимосвязь указанных в задании параметров по результатам машинного расчета двигателя при разных значениях исследуемых параметров в характерных для современных двигателей пределах и построить график зависимости. Варьирование исследуемых параметров следует проводить при постоянных значениях прочих исходных данных для расчета проектируемого двигателя, характерных для оптимального режима, принятого за основу в тепловом расчете при сравнении результатов ручного и машинного расчетов.

## 4 ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ

### 4.1 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. 4.1). 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  $10...30^\circ$  поворота в пределах продолжительности рабочего цикла ( $720^\circ$  – четырехтактный цикл,  $360^\circ$  – двухтактный цикл).

а) Силы, приведенные к оси поршневого пальца:

1)  $P_G$  – сила давления газов;

2)  $P_j$  – сила инерции возвратно-поступательно движущихся масс.

3) суммарная сила, приведенная к оси поршневого пальца

$$P_1 = P_G + P_j. \quad (4.1)$$

4) нормальная сила создает обратный момент

$$N = P_1 \cdot \operatorname{tg} \beta. \quad (4.2)$$

$$M_{обр} = -N \cdot A. \quad (4.3)$$

5) сила, действующая вдоль шатуна

$$P_t = \frac{P_1}{\cos \beta}. \quad (4.4)$$

б) Силы, приведенные к оси шатунной шейки (обусловлены действием силы  $P_t$  и силы инерции вращающихся масс  $P_c$ ):

1) центростремительная сила

$$Z = P_t \cdot \cos(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\cos(\alpha + \beta)}{\cos \beta}. \quad (4.5)$$

2) тангенциальная сила

$$T = P_t \cdot \sin(\alpha + \beta) = P_1 \frac{\sin(\alpha + \beta)}{\cos \beta} \quad (4.6)$$

создает крутящий момент двигателя

$$M_k = T \cdot r. \quad (4.7)$$

3) суммарная сила, действующая вдоль кривошипа,

$$K = P_c + Z. \quad (4.8)$$

4) результирующая сила, нагружающая шатунную шейку,

$$R_{III} = \bar{P}_t + \bar{P}_c, \text{ или } R_{III} = \sqrt{K^2 + T^2}. \quad (4.9)$$

Сила  $R_{III}$  определяет величину и равномерность износа шатунной шейки, а так же нагружает коренную шейку коленвала двигателя.

в) Силы инерции и приведение масс КШМ:

$$P_j = -m_1 \cdot j = -m_1 r \omega^2 (\cos \alpha + \lambda \cdot \cos 2\alpha); \quad (4.10)$$

$$P_c = -m_r \cdot r \cdot \omega^2; \quad (4.11)$$

где  $m_1$  – массы, движущиеся возвратно-поступательно;

$m_r$  – вращающиеся массы;

$$m_1 = m_{II} + (0,2...0,3)m_{III}, \quad (4.12)$$

где  $m_{II}$  – масса поршневой группы;

$m_{III}$  – масса шатуна;

$$\frac{l_k}{l_{II}} \cdot m_{III} \approx 0,275 m_{III} \quad - \text{масса шатуна, отнесенная к оси}$$

поршневого пальца (рис. 4.2).

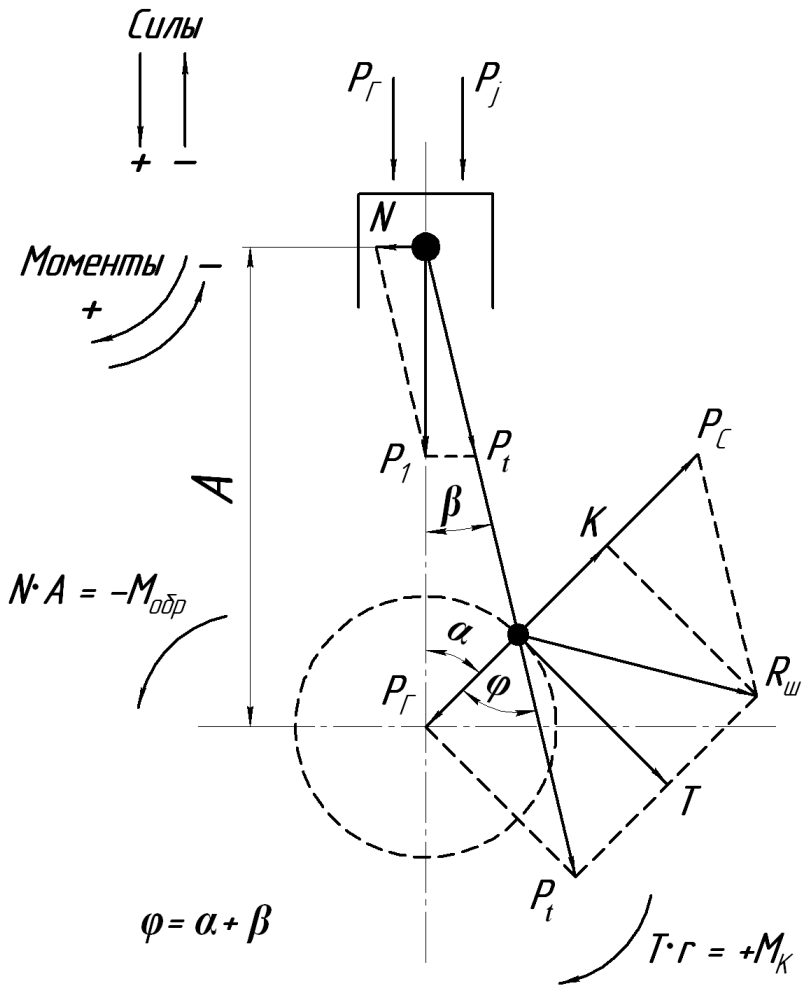


Рис. 4.1. Схема сил, действующих в КШМ

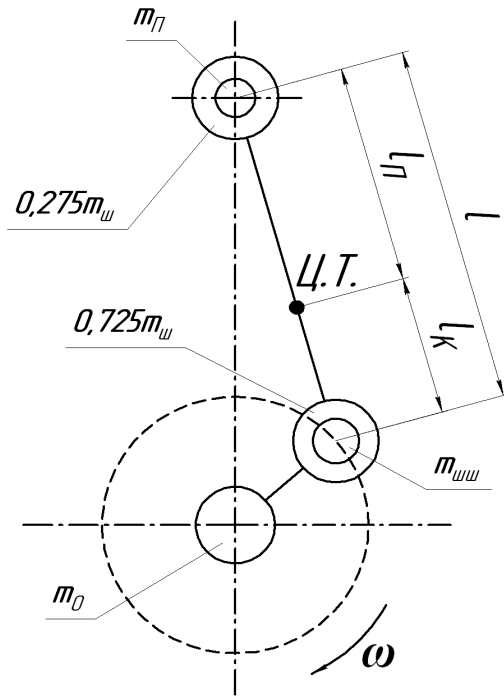


Рис. 4.2. Схема приведения масс КШМ

Масса шатуна, отнесенная к оси шатунной шейки.

$$m_r = (0,7..0,8)m_{Ш} = \frac{l_{П}}{l_{К}} \cdot m_{Ш} \approx 0,725m_{Ш}, \quad (4.13)$$

$$P_j = P_j' + P_j'' = -\left(m_1 \omega^2 r \cos \alpha + m_1 \omega^2 r \lambda \cos 2\alpha\right), \quad (4.14)$$

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 4.3.

Центробежная сила  $P_C$  нагружает шатунную шейку, складываясь с силой  $P_r$ .

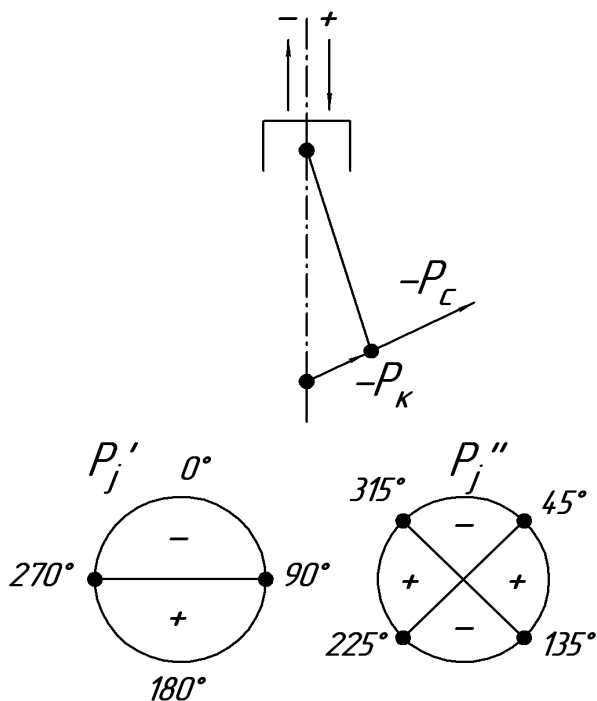


Рис. 4.3. Направление действия сил инерции

Коренные шейки дополнительно нагружаются силой  $P_K$ , образуя суммарную силу  $P_\Sigma$ .

$$P_\Sigma = -(P_C + P_K). \quad (4.15)$$

В курсовой работе рассматривается действие сил, приведенных в таблице приложения 15.

#### 4.2 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 (4.1...4.15) и справочной информации приложений 6, 7 и 8 с представлением итоговой расчетной таблицы (прил. 15);

– машинный расчет по программе ПЭВМ с представлением итоговой распечатки.

При том и другом методе необходимо выбрать и обосновать входные параметры для динамического расчета с учетом исходных данных и результатов теплового расчета проектируемого двигателя.

- Радиус кривошипа коленчатого вала  $R=S/2$ .
- Отношение радиуса кривошипа  $R$  к длине шатуна  $l$ :  $\lambda=R/l=0,24\dots 0,3$  (прил. 8).
- Угловая скорость коленчатого вала  $\omega=(\pi n)/30$ ,  $\text{с}^{-1}$ , где  $n=n_H$ ,  $\text{мин}^{-1}$  – частота вращения коленчатого вала при номинальном режиме работы.
- Массы, движущиеся возвратно-поступательно  $m_l$ , и вращающиеся массы  $m_r$  определяются по формулам (4.12) и (4.13), с учетом масс отдельных элементов КШМ по прототипу двигателя или по значениям удельных масс деталей (прил. 6), отнесенных к единице площади поршня  $F_{II}=(\pi D^2)/4$ ,  $\text{м}^2$ .
- Масштаб сил  $\mu_F=\mu_p \cdot F_{II} \cdot 10^6$ ,  $\text{Н/мм}$ , где  $F_{II}$  в  $\text{м}^2$ , масштаб давлений  $\mu_p$  в  $\text{МПа/мм}$ .
- Изменение силы давления газов  $P_G$  в функции угла поворота коленчатого вала  $\alpha$  в пределах рабочего цикла (от  $0$  до  $720^\circ$  для 4-тактного и от  $0$  до  $360^\circ$  для 2-тактного) с интервалом значений  $P_G$  через  $30^\circ$  и с учетом поправки Ф.А. Брикса при построении развернутой индикаторной диаграммы.

### 4.3 Анализ и построение диаграммы сил, приведенных к оси поршневого пальца

Сила давления газов определяется по формуле:

$$P_2 = \frac{(P_x - P_0) \cdot \mu_p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot 10^6}{4}, \text{ Н}, \quad (4.16)$$

где  $P_x$  – текущее значение давления газов по индикаторной диаграмме,  $\text{мм}$ ;

$P_0$  – атмосферное давление,  $\text{МПа}$ ;

$\mu_p$  – масштаб давлений,  $\text{МПа/мм}$ ;

$D$  – диаметр цилиндра,  $\text{м}$ .

Определение текущих значений давления газов  $P_x$  через каж-

дые  $30^\circ$  угла поворота коленчатого вала выполняется по методу проф. Ф. А. Брикса (рис. 4.4) с целью определения действительного давления газов в цилиндре при неравномерном ходе поршня. 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);  $\lambda = R/L = 0,25 \dots 0,30$  – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна  $L$ . При выборе  $\lambda$  руководствуются такими соображениями: с точки зрения уменьшения нормальных к стенке цилиндра усилий более длинный шатун (т.е. меньшее значение  $\lambda$ ) 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  $\lambda$  кривошипно-шатунного механизма для автотракторных двигателей представлены в приложении 8.

Определив поправку Брикса, из нового центра  $O'$  проводятся лучи через каждые  $30^\circ$  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. 15) и используются при расчете по программе на ПЭВМ.

Из уравнения (4.16) следует, что индикаторная диаграмма в некотором масштабе представляет собой диаграмму сил давления газов  $P_G$ . Если масштаб давлений  $\mu_P$  в МПа/мм, а площадь поршня  $F_{II}$  в  $\text{м}^2$ , то масштаб сил давления газов  $\mu_F$  в Н/мм:

$$\mu_F = \mu_P \cdot F_{II} \cdot 10^6. \quad (4.17)$$

Сводную диаграмму сил давления газов  $P_G$ , сил инерции масс движущихся возвратно-поступательно  $P_j$ , и суммарной силы  $P_I$  рационально совместить с индикаторной диаграммой (рис. 4.5).



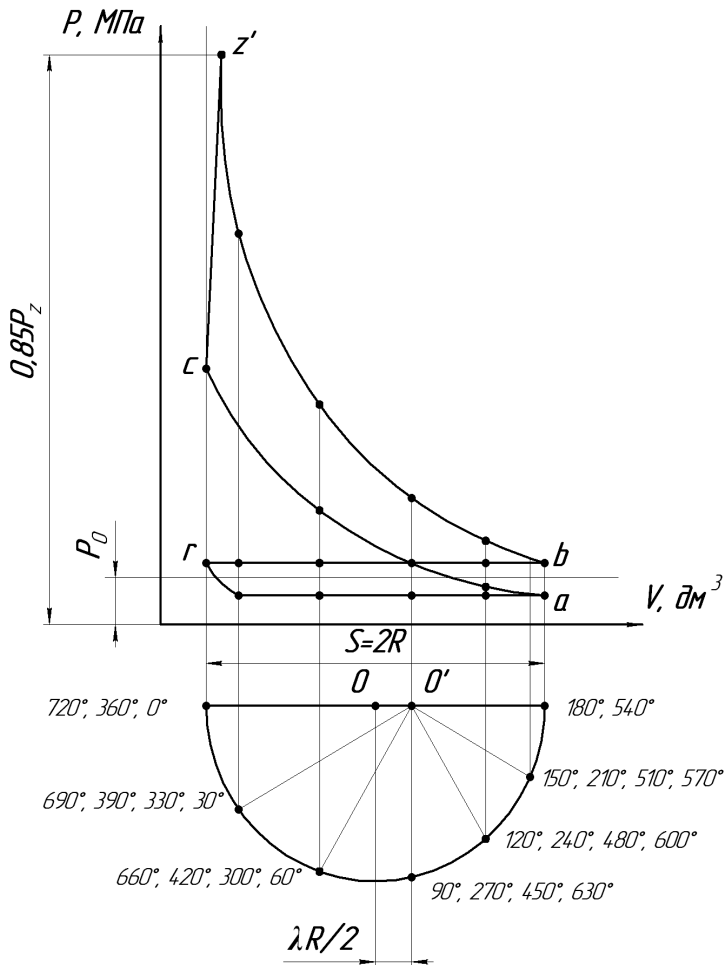


Рис. 4.4. Индикаторная диаграмма с поправкой Ф. А. Брукса

В данном случае развернутая по углу поворота коленчатого вала индикаторная диаграмма (в масштабе  $\mu_P$ ) будет одновременно характеризовать изменение силы давления газов  $P_\Gamma$  (в масштабе  $\mu_F$ ). Однако чтобы учесть атмосферное давление в картере двигателя  $P_0$  и получить действительное значение давления газов на поршень, начало координат развернутого графика в функции  $\alpha$  необходимо сместить вверх на уровень  $P_0$  свернутой

индикаторной диаграммы.

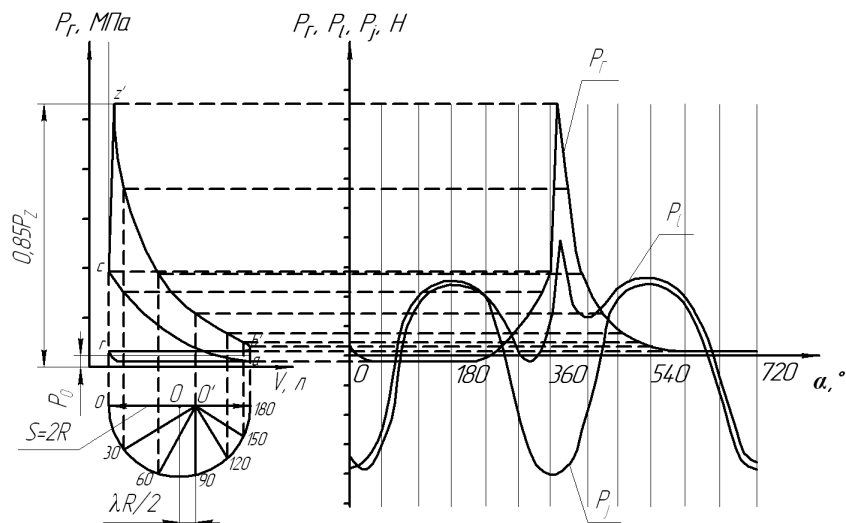


Рис. 4.5. Сводная диаграмма сил, приведенных к оси поршневого пальца

Значения сил  $P_j$  и  $P_l$  при различных значениях  $\alpha$  определяются ручным расчетом по формулам (4.1) и (4.10) или машинным расчетом по программе ПЭВМ и наносятся на сводную диаграмму (рис. 4.5) в масштабе сил  $\mu_F$ . При ручном расчете значения сил  $P_j$  и  $P_l$  заносятся в таблицу (прил. 15).

#### 4.4 Расчет и построение диаграммы тангенциальной силы и крутящего момента двигателя

Тангенциальная сила одноцилиндрового двигателя определяется ручным расчетом по формуле (4.6) или машинным расчетом по программе ПЭВМ и наносится на диаграмму (рис. 4.6).

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.

Так, например, на суммарной диаграмме тангенциальных усилий четырехтактного двухцилиндрового двигателя наносятся две диаграммы, сдвинутые одна относительно другой на  $180^\circ$ , если порядок работы цилиндров 1-2-0-0, и на  $540^\circ$  – при порядке работы 1-0-0-2. Для четырехцилиндровых четырехтактных рядных двигателей отдельные диаграммы должны быть последовательно сдвинуты по фазе одна относительно другой на  $180^\circ$ , у шестицилиндровых рядных – на  $120^\circ$ .

У четырехцилиндровых четырехтактных двигателей на одном участке суммарной диаграммы строятся четыре отдельных графика, на остальных участках – только их результирующие (рис. 4.6).

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:

$$\psi_i = 720 - \sum \Theta, \quad (4.18)$$

где  $\sum \Theta$  – сумма всех интервалов между вспышками в пределах от первого до  $i$ -го цилиндра.

Определив углы смещения для всех цилиндров, и используя график тангенциальной силы для одного цилиндра, заполняют таблицу (прил. 13).

Полученные значения тангенциальных сил для всех цилиндров двигателя алгебраически суммируются в каждой строке таблицы (прил. 13) 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:

$$\psi_i = (i - n + 1) \cdot \Theta, \quad (4.19)$$

где  $i$  – число цилиндров двигателя;  
 $n$  – порядковый номер вспышки;

$\ominus$  – интервал между вспышками.

Для четырехтактных двигателей:  $\ominus = 720^\circ/i$ .

Примеры расчета углов смещения приведены в приложении 12.

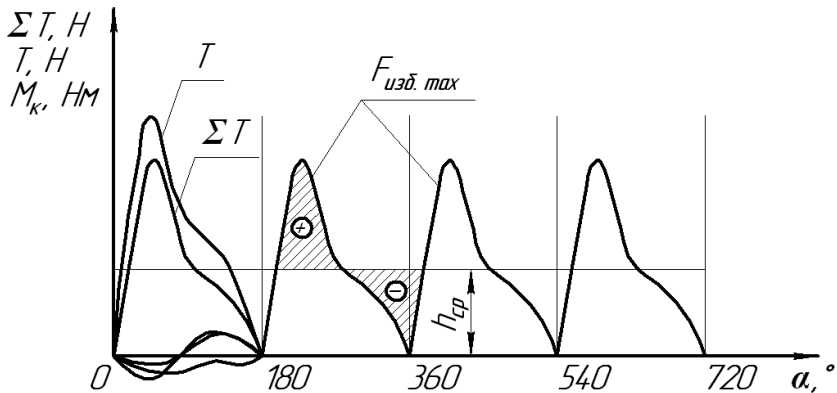


Рис. 4.6. Диаграмма суммарной тангенциальной силы и крутящего момента четырехцилиндрового двигателя:

$T$  – тангенциальные силы одного цилиндра на разных тактах рабочего цикла;  $\Sigma T$  – суммарная тангенциальная сила;  $MК$  – крутящий момент

После построения графика определяется среднее значение тангенциальной силы (средняя ордината диаграммы) по выражению:

$$h_{ср} = (\Sigma F_{пол} - \Sigma F_{отр}) / l, \text{ мм}, \quad (4.20)$$

где  $\Sigma F_{пол}$  – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных над осью абсцисс,  $\text{мм}^2$ ;

$\Sigma F_{отр}$  – площадь всех участков суммарной диаграммы, расположенных под осью абсцисс,  $\text{мм}^2$ ;

$l$  – длина диаграммы, мм.

При аналитическом определении суммарной тангенциальной силы, средняя ордината вычисляется путем деления алгебраической суммы ординат для каждого угла  $\alpha$  на число ординат.

Проверяется правильность построения диаграммы

тангенциальных сил. Для этого необходимо:

1) Определить значение средней тангенциальной силы по формуле:

$$T_{cp} = h_{cp} \cdot \mu_T, \text{ Н}, \quad (4.21)$$

где  $\mu_T$  – масштаб тангенциальной силы Н/мм.

2) Определить среднее значение суммарного крутящего момента:

$$M_k = T_{cp} \cdot R, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (4.22)$$

где  $R$  – радиус кривошипа, м.

3) Определить эффективный крутящий момент двигателя при расчетной мощности:

$$M_e = M_k \cdot \eta_m, \quad (4.23)$$

где  $\eta_m$  – механический КПД проектируемого двигателя.

4) Определить мощность двигателя по формуле:

$$N_e = (M_e \cdot n) / 9550, \text{ кВт}, \quad (4.24)$$

где  $n$  – частота вращения коленчатого вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

Расхождение с расчетной мощностью не должно превышать  $\pm 5\%$ .

Кривые тангенциальных сил являются одновременно в некотором масштабе  $\mu_M$  и кривыми индикаторных крутящих моментов  $M_K$ . Этот масштаб в Н·м/мм можно подсчитать по формуле:

$$\mu_M = \mu_T \cdot R. \quad (4.25)$$

На графике суммарной тангенциальной силы изобразить дополнительную ось с обозначением в вышеуказанном масштабе значений  $M_K$ .

#### 4.5 Расчет маховика проектируемого двигателя

Для расчета массы маховика необходимо:

- определить избыточную работу крутящего момента (рис. 4.6)

$$L_{изб} = F_{изб} \cdot \mu_M \cdot \mu'_\alpha, \quad (4.26)$$

где  $F_{изб}$  – максимальная избыточная площадка над прямой средней тангенциальной силы,  $\text{мм}^2$ ;

$\mu'_\alpha = 4 \cdot \pi / b$  – масштаб угла поворота коленчатого вала на диаграмме, рад/мм;

$b$  – длина диаграммы, мм.

- определить момент инерции маховика ( $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ ), способного обеспечить требуемую равномерность хода двигателя,

$$J_M \approx (0,8 \dots 0,9) \cdot \frac{L_{изб}}{\delta \cdot \omega^2}, \quad (4.27)$$

где  $0,8 \dots 0,9$  – доля момента инерции маховика с учетом вращающихся масс муфты сцепления;

$\omega$  – расчетная угловая скорость коленчатого вала, рад/с,

$\delta$  – степень неравномерности вращения коленчатого вала.

У тракторных двигателей  $\delta = 0,01 \dots 0,02$ .

У автомобильных двигателей  $\delta = 0,01 \dots 0,03$ .

Для маховика, выполненного в виде диска с массивным ободом, по моменту инерции определяют его диаметр и массу:

$$J_M \cong m_M r_{cp}^2 = m_M D_{cp}^2 / 4, \quad (4.28)$$

где  $D_{cp}$  – средний диаметр обода, м;

$m_M$  – масса маховика, кг.

Задаваясь диаметром обода  $D_{cp}$ , определяют необходимую массу маховика. Ориентировочно

$$D_{cp} = (2 \dots 3) \cdot S, \text{ м}, \quad (4.29)$$

где  $S$  – ход поршня, м.

Таким образом, полученное значение массы маховика

$$m_M = 4 \cdot J_M / D_{cp}^2. \quad (4.30)$$

учитывает конструкционные и динамические параметры проектируемого двигателя.

#### 4.6 Расчет подшипника кривошипной головки шатуна

Результирующая сила  $R_{ш}$ , приведенная к оси шатунной шейки (рис. 4.7) определяется ручным расчетом по формуле (4.9) или машинным расчетом по программе ПЭВМ, и характеризуется максимальным  $R_{шmax}$  и средним  $R_{шср}$  значениями.

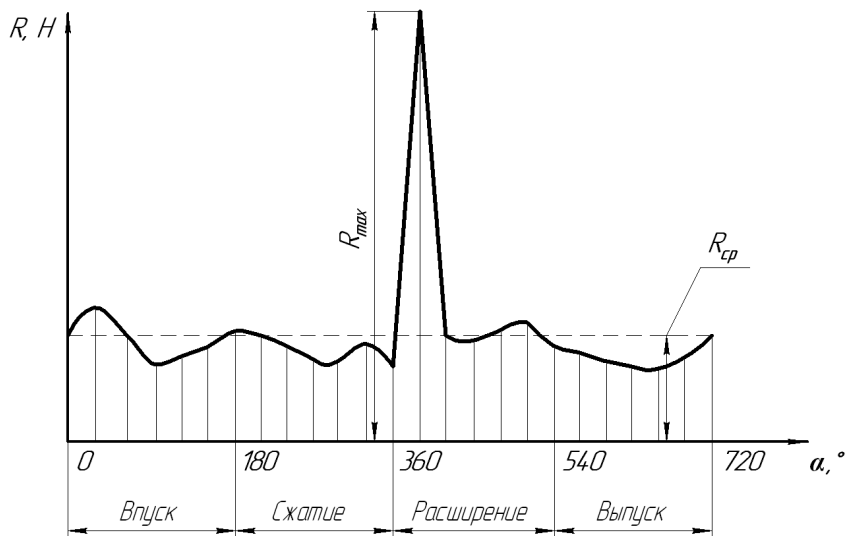


Рис. 4.7. Диаграмма результирующей силы  $R_{ш}$ , приведенной к оси шатунной шейки

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, по следующим соотношениям:

- ✓ диаметр шатунной шейки  $d_{шшш} = (0,56 \dots 0,75)D$ ;
- ✓ толщина стенки вкладыша:
  - тонкостенного  $t_6 = (0,03 \dots 0,05) d_{шшш}$ ;
  - толстостенного  $t_6 = 0,1 d_{шшш}$ ;
- ✓ расстояние между шатунными болтами  $l_6 = (1,30 \dots 1,75) d_{шшш}$ ;
- ✓ длина кривошипной головки  $l_k = (0,45 \dots 0,95) d_{шшш}$ ;
- ✓ рабочая ширина шатунного вкладыша  $l_{шш} = l_k - 2r_r$ , где  $r_r = (0,06 \dots 0,07) d_{шшш}$  – радиус галтели шатунной шейки;
- ✓ удельное давление на поверхность шатунных шеек:

$$\sigma_{ср} = \frac{R_{шср}}{(d_{шшш} \cdot l_{шш})}, \quad (4.31)$$

$$\sigma_{MAX} = R_{ШМАХ} / (d_{ШШ} \cdot l_{Ш}) \cdot \quad (4.32)$$

Для современных двигателей удельные давления изменяются в пределах:

	$\sigma_{CP}$ , МПа	$\sigma_{MAX}$ , 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;

✓ минимально-допустимый смазочный слой в подшипнике на основе гидродинамической теории смазки на режиме максимальной мощности

$$h_{min} = 55 \cdot 10^{-9} \mu \cdot n \cdot d_{ШШ} / (\sigma_{CP} \cdot \delta_0 \cdot c), \quad (4.33)$$

где  $\mu$  – динамическая вязкость масла (0,004...0,017) Нс/м<sup>2</sup>;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, мин<sup>-1</sup>;

$d_{ШШ}$  – диаметр шатунной шейки, мм;

$\sigma_{CP}$  – 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

$$h_{KP} = h_e + h_{II} + h_{Г}, \quad (4.34)$$

где  $h_e$  – величина микронеровностей поверхности вала, мм;

$h_{II}$  – величина микронеровностей подшипника, мм;

$h_{Г}$  – искажение геометрических форм сопряжения, мм (учитывается коэффициентами  $\delta_0$  и  $c$  формулы 4.34).

Значения величин  $h_e$  и  $h_{II}$  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

$$k = \frac{h_{\min}}{h_{кр}} \geq 2. \quad (4.35)$$

Условие выполняется рациональным выбором конструктивных, технологических, эксплуатационных факторов и расчетных параметров работы подшипников.

Примеры распечаток ПЭВМ теплового и динамического расчетов проектируемого двигателя представлены в приложениях 14 и 15.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

После завершения расчетов каждой части курсовой работы 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.

Произведя анализ, необходимо показать резервы, за счет которых можно улучшить технико-экономические показатели проектируемого двигателя.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Колчин, А. И. Расчет автомобильных и тракторных двигателей: учеб. пособие для вузов / А. И. Колчин, В. П. Демидов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2002. – 496 с.
2. Николаенко, А. В. Энергетические машины и установки / А. В. Николаенко, В. С. Шкрабак. – СПб. : Изд-во СПбГАУ, 2005. – 438 с.
3. Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов / В. Н. Луканин. – М. : Высшая школа, 1985. – 369 с.
4. Луканин, В. Н. Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование / В. Н. Луканин. – М. : Высшая школа, 1985. – 319 с.
5. Уханов, А. П. Автомобильные и тракторные двигатели. Курсовое проектирование : учебное пособие / А. П. Уханов, В. Ф. Китанин, Д. А. Уханов [и др.] ; под ред. А. П. Уханова. – Пенза : РИО ПГСХА, 2005. – 192 с.
6. 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.
7. Климанов, А. В. Теория и расчет автотракторных двигателей : учебное пособие / А. В. Климанов, Г. А. Ленивец. – Самара, 2002. – 127 с.
8. Климанов, А. В. Курсовое проектирование по теории и расчету автотракторных двигателей : методические рекомендации / А. В. Климанов. – Самара : Самвен, 2002. – 36 с.
9. Ленивец, Г. А. Тракторы и автомобили. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей: методические указания для выполнения расчетно-графической работы №1 «Тепловой расчет двигателя» / Г. А. Ленивец, О. С. Володько, О. Н. Черников [и др.]. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2007. – 23 с.
10. Черников, О. Н. Тракторы и автомобили. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей : методические указания для выполнения расчетно-графической работы №2 «Динамический расчет двигателя». – Кинель : РИЦ СГСХА, 2007. – 23 с.

11. Ленивец, Г. А. Тракторы и автомобили. Конструкция тракторов и автомобилей. Основы теории тракторных и автомобильных двигателей : методические указания студентам 4 курса инженерного отделения заочного факультета для выполнения контрольных работ №1 и №2 / Г. А. Ленивец, О. С. Володько, В. В. Ефимов. – Кинель, 2005. – 56 с.

12. Петрова, С. С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / сост. Петрова С. С., Бухвалов Г. С., Машков С. В., Бычинин А. П., Денисов С. В. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 38 с.

13. Автомобильные двигатели : курсовое проектирование / под ред. М. Г. Шатрова. – М. : Академия, 2011. – 255 с.



ФГБОУ ВПО «Самарская ГСХА»  
 Кафедра «Тракторы и автомобили»

Задание на курсовую работу по дисциплине  
 «Двигатели внутреннего сгорания»

студенту \_\_\_ группы курса инженерного факультета  
 \_\_\_\_\_ (ФИО)

Тема курсовой работы  
 «Расчет двигателя \_\_\_\_\_»  
 модель, марка

- двигатель (прототип \_\_\_\_\_):
- эффективная мощность  $N_e =$  \_\_\_\_\_ кВт;
- номинальная частота вращения коленвала  $n_n =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>;
- тип д.в.с. (число и расположение цилиндров, система питания, турбонаддув) \_\_\_\_\_;
- степень сжатия  $\varepsilon =$  \_\_\_\_\_ ;
- оценить влияние \_\_\_\_\_ на изменение \_\_\_\_\_.

Руководитель:	Сроки выполнения
_____	1 часть _____
_____	2 часть _____
	Защита _____

20\_\_ /20\_\_ уч. год

Приложение 3

Основные технические данные автомобильных, бензиновых двигателей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_{h,i,l}$	$\epsilon$	$N_{ен}$ , кВт	$g_e$ , г/(кВт·ч)	$n_n$ , мин <sup>-1</sup>	Топливо
МеМЗ-969А	V-4	76	66	1,2	7,2	29,4	328	4200	Аи-80
МЗМА-407	P-4	67,5	75	1,36	7,0	33,1	313	4500	Аи-80
ВАЗ-1113	P-2	79	66	0,65	8,5	23	-	5500	Аи-92
УЗАМ-412Э	P-4	82	70	1,48	8,8	55	306	5800	Аи-92
ВАЗ-2101	P-4	76	66	1,2	8,5	45,6		5600	Аи-92
ВАЗ-2106	P-4	79	80	1,57	8,5	59	299	5400	Аи-92
ВАЗ-2107	P-4	76	80	1,45	8,5	57	299	5600	Аи-92
ВАЗ-21073	P-4	82	80	1,7	8,5	58		5200	Аи-92
ВАЗ-21083	P-4	82	71	1,5	9,9	50		5600	Аи-92
ВАЗ 2112	P-4	82	71	1,5	10,5	65,5		5600	Аи-95
ВАЗ-2121	P-4	79	80	1,6	8,5	53		5400	Аи-92
УМЗ-421.10	P-4	100	92	2,9	8,2	75	292	4000	Аи-92
УМЗ-4218.1	P-4	100	92	2,9	7,0	62	306	4000	Аи-80
УМЗ-4213.1	P-4	100	92	2,9	8,2	77	279	4000	Аи-92
УМЗ-4178	P-4	92	92	2,45	7,0	61,8	292	4000	Аи-80
УМЗ-451М	P-4	92	92	2,45	6,7	55,2	313	4000	А-76
ЗМЗ-21А	P-4	92	92	2,45	6,7	55	313	4000	Аи-80
ЗМЗ-402.10	P-4	92	92	2,45	8,2	73,5	285	4500	А-76
ЗМЗ-24Д	P-4	92	92	2,45	8,2	70	292	4500	А-76
ЗМЗ-4062.1	P-4	92	86	2,28	9,3	106,6	265	5200	Аи-92
ЗМЗ-4063.1	P-4	92	86	2,28	8,2	81	279	4500	Аи-92
ЗМЗ-40522.1	P-4	95,5	86	2,46	9,3	112	269	5200	Аи-92
ЗМЗ-5233.1	V-8	98	88	4,7	7,6	96	279	3200	Аи-80
ГАЗ-13	V-8	100	88	5,52	8,5	143,5	306	4300	Аи-92
ЗМЗ-53.11	V-8	92	80	4,25	7	88,3	300	3200	А-76
ЗиЛ-130	V-8	100	95	6,0	7,1	110	300	3200	А-76
ЗиЛ-114	V-8	108	95	7,0	9,5	220		4400	Аи-92
ЗиЛ-508.10	V-8	100	95	6,0	7,1	110	292	3200	Аи-80
ЗиЛ-375	V-8	108	95	7,0	6,5	132,4	240	3200	Аи-80
ЗМЗ-53.27	V-8	92	80	4,25	7	69	-	3400	Газовое

## Приложение 4

### Основные технические показатели автомобильных дизелей

Марка двигателя	Расположение и число цилиндров	Д, мм	S, мм	$V_h, \text{л}$	$\epsilon$	$N_{ен}, \text{кВт}$	$g_e, \text{г/(кВт}\cdot\text{ч)}$	$n_n, \text{мин}^{-1}$	Топливо
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
ЗМЗ-5143.1	Р-4	87	94	2,23	19,5	72	231	4000	ДТ
ГАЗ-3301	Р-6	105	120	6,3	18	92	225	2800	ДТ
ГАЗ-5601	Р-4	85	94	2,13	20,5	70	250	4300	ДТ
ГАЗ-560	Р-4	85	94	2,13	20,5	81	210	4300	ДТ
Д-245.7	Р-4	110	125	4,75	17	90	215	2400	ДТ
Д-245.9	Р-4	110	125	4,75	16	100	215	2400	ДТ
Д-245.12С	Р-4	110	125	4,75	15,1	77,2	245	2400	ДТ
ЗиЛ-645Н	V-8	110	115	8,7	18,5	136	238	2800	ДТ
ЗиЛ-6454	V-8	115	115	9,56	18,7	147	215	2800	ДТ
КамАЗ-740.1	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-236М2	V-6	130	140	11,15	16,5	132	214	2100	ДТ
ЯМЗ-236ЕН2	V-6	130	140	11,5	16,5	169	197	2100	ДТ
ЯМЗ-236А	V-6	130	140	11,15	16,5	143	214	2100	ДТ
ЯМЗ-238М2	V-8	130	140	14,8	16,5	176	214	2100	ДТ
ЯМЗ-238ДЕ2	V-8	130	140	14,8	16,5	243	195	2100	ДТ
ЯМЗ-238НБ	V-8	130	140	14,8	16,5	158	238	1700	ДТ
ЯМЗ-7511.10	V-8	130	140	14,8	16,5	294	195	1900	ДТ
ЯМЗ-240Н	V-12	130	140	22,2	16	368	248	2100	ДТ

## Приложение 5

### Средний элементарный состав жидких топлив и их теплотворность

Топливо	Состав в массовых долях				Низшая теплота сгорания, МДж/кг (МДж/м <sup>3</sup> )
	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

Приложение 6

Значения масс элементов кривошипно-шатунного механизма автотракторных двигателей

Элементы кривошипно-шатунного механизма	Конструктивные массы, $m' = m/F_n$ , кг/м <sup>2</sup>	
	Карбюраторные двигатели, Д = 70-100 мм	Дизельные двигатели, Д = 80-140 мм
Поршневая группа ( $m'_n = m_n/F_n$ ): - поршень из алюминиевого сплава - поршень из чугуна	80-150 150-250	150-350 250-450
Шатун ( $m'_{ш} = m_{ш}/F_n$ )	100-200	250-450
Неуравновешенная часть колена вала без противовесов ( $m'_к = m_к/F_n$ ): - стальной кованый вал - чугунный литой вал	150-200 100-200	200-450 150-350

Примечание: большие значения  $m'$  относятся к двигателям с большим диаметром цилиндра.

Приложение 7

Порядок работы и чередование вспышек четырехтактных двигателей

Расположение и число цилиндров	Порядок работы цилиндров	Интервалы чередований вспышек	Марки двигателей
P-2	1-2-0-0	180°-540°	ВАЗ-1113
P-4	1-3-4-2, 1-2-4-3	равномерно, 180°	УЗАМ-412Э, типа ВАЗ, ЗМЗ-24Д, Д-245
P-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 8

Значения постоянной  $\lambda$  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 9

Значения величин  $(\cos\alpha + \lambda\cos2\alpha)$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\cos\alpha + \lambda\cos2\alpha$								Знак	$\alpha^\circ$
		0,24	0,25	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31		
0	+	1,240	1,250	1,260	1,270	1,280	1,290	1,300	1,310	+	360
30	+	0,986	0,991	0,996	1,001	1,006	1,011	1,016	1,021	+	330
60	+	0,380	0,375	0,370	0,365	0,360	0,355	0,350	0,345	+	300
90	-	0,240	0,250	0,260	0,270	0,280	0,290	0,300	0,310	-	270
120	-	0,620	0,625	0,630	0,635	0,640	0,645	0,650	0,655	-	240
150	-	0,746	0,741	0,736	0,731	0,726	0,721	0,716	0,711	-	210
180	-	0,760	0,750	0,740	0,730	0,710	0,710	0,700	0,690	-	180

Приложение 10

Значения величин  $\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$								Знак	$\alpha^\circ$
		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

Приложение 11

Значения величин  $\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$  при разных значениях  $\alpha$  и  $\lambda$

$\alpha^\circ$	Знак	$\cos(\alpha + \beta) / \cos \beta$								Знак	$\alpha^\circ$
		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 12

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  $\theta = 90^\circ - 150^\circ - 90^\circ - 150^\circ - 90^\circ$ .

Угол смещения графика тангенциальных сил, например, для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра составляет:

$$\Psi_5 = 720^\circ - (90^\circ + 150^\circ + 90^\circ).$$

Аналогично производится подсчет 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  $\theta = 720^\circ / 8 = 90^\circ$ .

Угол смещения графика тангенциальных сил для пятого цилиндра, относительно графика этих сил для первого цилиндра, составляет:

$$\Psi_5 = (8-2+1)90^\circ = 630^\circ.$$

Аналогично производится подсчет для остальных цилиндров.

Пример заполнения таблицы для расчета суммарной тангенциальной силы многоцилиндровых двигателей

$\alpha, ^\circ$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	TΣ, Н	TΣ/μр, 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

μр= 159 Н в мм;

## Тепловой расчет двигателя на ЭВМ (на примере карбюраторного двигателя ГАЗ-53)

Исходные данные:			
Прототип двигателя:	ГАЗ-53А	;	
Ход поршня S=	80	мм;	
Диаметр поршня D=	92	мм;	
Степень сжатия $\varepsilon$ =	6,4	;	
Средняя скорость поршня $S_p$ =	8,4	м/с;	
Коэффициент наполнения $\eta_v$ =	0,77	;	
Коэффициент избытка воздуха $\alpha$ =		0,9	;
Температура остаточных газов $T_g$ =		900	К;
Частота вращения коленчатого вала $n$ =		3150	об/мин;
Номинальная мощность $N_{ен}$ =	83	кВт;	
Степень повышения давления $\lambda$ =		4	;
Число цилиндров двигателя $i$ =	8	шт;	
Тактность двигателя $\tau$ =	4	;	
Расчет корректировать не требуется			
Студент		Группа	
Результаты расчета:			
Давление в конце впуска $P_a$ =	0,095	Мпа;	
Температура в конце впуска $T_a$ =		342,2012	К;
Давление в конце сжатия $P_c$ =	1,226999	Мпа;	
Температура в конце сжатия $T_c$ =		690,5931	К;
Давление в конце сгорания $P_z$ =		4,907998	Мпа;
Температура в конце сгорания $T_z$ =		2196,875	К;
Давление в конце расширения $P_b$ =		0,472165	Мпа;
Температура в конце расширения $T_b$ =		1352,617	К;
Среднее индикаторное давление $P_i$ =		0,992812	Мпа;
Среднее эффективное давление $P_e$ =		0,839412	Мпа;
Индикаторный к.п.д. $\eta_i$ =	0,319722	;	
Механический к.п.д. $\eta_m$ =	0,845489	;	
Эффективный к.п.д. $\eta_e$ =	0,270321	;	
Удельный эффективный расход топлива $g_e$ =			306,1492 г/кВтч;
Ход поршня S=	78	мм;	
Диаметр поршня D=	90	мм;	
Рабочий объем цилиндра $V_h$ =	0,495963	л;	
Средняя скорость поршня $S_p$ =	8,19	м/с;	
Эффективная мощность $N_e$ =	87,42665	кВт;	
Удельная литровая мощность $N_l$ =		22,03457	кВт/л;
Удельная поршневая мощность $N_p$ =		17,18696	кВт/кв. дм.;
Эффективный крутящий момент $M_k$ =		265,0554	Нм.

## Пример динамического расчета двигателя на ЭВМ

Введите в выделенные цветом ячейки требуемые значения:													
P <sub>г</sub> (в мм) берется из индикаторной диаграммы, значения $\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$ и $\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$ берутся из справочных материалов.													
mp=	0,744	кг;	mш=	0,976	кг;	mk=	1,098	кг;	mj=	1,0124	кг; $\lambda=R/L=$	0,295	
μp=	159	Н в мм;	R=	0,039	м;	n=	3150	об/мин;	ω=	329,7	1/с; <b>mR=</b>	1,8056	кг;
α, °	P <sub>г</sub> , мм	P <sub>г</sub> , Н	P <sub>ш</sub> , Н	α, рад	P <sub>рез</sub> , Н	P <sub>с</sub> , Н	$\cos(\alpha+\beta)/\cos\beta$	Z, Н	$\sin(\alpha+\beta)/\cos\beta$	T, Н	R <sub>ш</sub> , Н	P <sub>ш</sub> , 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	10377,135	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	30,25708	
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	17,35359	
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	7068,155	-7654,63	-1	-7068,16	0	0	14722,783	34,96429	
570	4,2	667,6425	4827,389	9,943333	5495,031	-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	

## Примеры теплового расчета двигателей внутреннего сгорания

**Пример №1.** Провести тепловой расчет двигателя мощностью  $N_e = 59$  кВт, с частотой вращения коленчатого вала  $n = 5600$  мин<sup>-1</sup>, степенью сжатия  $\varepsilon = 8,8$ . Прототипом является двигатель ВА3-2105.

### Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха  $P_o = 0,1$  МПа; температуру окружающего воздуха  $T_o = 288$  К; температуру остаточных газов  $T_r = 1000$  К; температуру подогрева свежего заряда  $\Delta T = 150$  К.

2. Давление остаточных газов

$$P_r = (1,05 \dots 1,25)P_o = 1,15 \cdot 0,1 = 0,115 \text{ МПа.}$$

3. Потери давления на впуске

$$\Delta P_a = (0,05 \dots 0,20)P_o = 0,2 \cdot 0,1 = 0,02 \text{ МПа.}$$

4. Давление в конце впуска  $P_a = P_o - \Delta P_a = 0,1 - 0,02 = 0,08$  МПа.

5. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_o + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{288 + 15}{1000} \cdot \frac{0,115}{8,8 \cdot 0,08 - 0,115} = 0,059.$$

6. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_o + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{288 + 15 + 0,059 \cdot 1000}{1 + 0,059} = 341 \text{ К.}$$

### Процесс сжатия

1. Показатель политропы сжатия

$$n_1 = 1,41 - 100/n = 1,41 - 100/5600 = 1,39.$$

2. Давление в конце сжатия  $P_c = P_a \varepsilon^{n_1} = 0,08 \cdot 8,8^{1,39} = 1,65$  МПа.

3. Температура в конце сжатия  $T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 341 \cdot 8,8^{1,39 - 1} = 796$  К.

### Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} C + 8H - O_T \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,854 + 8 \cdot 0,142 - 0,003 \right) = 14,8 \frac{\text{кг воздуха}}{\text{кг топлива}}.$$

$$L_0 = \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{0,854}{12} + \frac{0,142}{4} - \frac{0,003}{32} \right) = 0,51 \frac{\text{кмоль воздуха}}{\text{кг топлива}}.$$

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

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + H_2/4 + O_T/32 + 0,21 \cdot L_0(1 - \alpha) =$$

$$= 0,95 \cdot 0,51 + 0,142/4 + 0,003/32 + 0,21 \cdot 0,51(1 - 0,95) = 0,528 \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}.$$

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

$$C_{V_1} = 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c =$$

$$= 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot 796 = 21,54 \frac{\text{кДж}}{(\text{кмоль} \cdot \text{К})};$$

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  $Q_n = 43500$  кДж/кг; коэффициент использования тепла  $\xi = 0,9$ .

8. Потери части теплотворности из-за неполноты сгорания

$$\Delta Q_n = 12(1 - \alpha)L_0 \cdot 10^4 = 12(1 - 0,95) \cdot 0,51 \cdot 10^4 = 3060 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

9. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$C_{v_1} T_c + \frac{\xi \cdot (Q_n - \Delta Q_n)}{\alpha \cdot L_0 (1 + \gamma_r)} = \beta \cdot C'_v T_z;$$

$$21,54 \cdot 796 + \frac{0,9(43500 - 3060)}{0,95 \cdot 0,51 \cdot (1 + 0,059)} = 1,09(20,87 + 28,61 \cdot 10^4 \cdot T_z) \cdot T_z;$$

$$0,0031 \cdot T_z^2 + 22,54 \cdot T_z - 87592 = 0$$

$$T_z = 2800 \text{ K}.$$

10. Давление в конце сгорания

$$P_z = \frac{\beta \cdot P_c \cdot T_z}{T_c} = \frac{1,09 \cdot 1,65 \cdot 2800}{796} = 6,32 \text{ МПа}.$$

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

$$P_b = \frac{P_z}{\varepsilon^{n_2}} = \frac{6,32}{8,8^{1,24}} = 0,426 \text{ МПа}.$$

3. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\varepsilon^{n_2 - 1}} = \frac{2800}{8,8^{1,24 - 1}} = 1666 \text{ K}.$$

4. Проверка ранее принятой  $T_r$

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{1666}{\sqrt[3]{\frac{0,426}{0,115}}} = 1081,8 \text{ K}.$$

Отличие от ранее принятой температуры  $T_r = 1000 \text{ K}$  составляет 8,1%, что менее 15%, следовательно, корректировать расчет не требуется.



Определение среднего индикаторного давления

1. Теоретическое среднее индикаторное давление

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1 - 1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{1,65}{8,8 - 1} \cdot \left[ \frac{3,5}{1,24 - 1} \left( 1 - \frac{1}{8,8^{1,24 - 1}} \right) - \frac{1}{1,39 - 1} \left( 1 - \frac{1}{8,8^{1,39 - 1}} \right) \right] = 1,178 \text{ МПа.}$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0,115 - 0,08 = 0,035 \text{ МПа.}$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i = 1,178 \cdot 0,96 - 0,035 = 1,084 \text{ МПа.}$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 80 \cdot 5600 / 3 \cdot 10^4 = 14,9 \text{ м/с.}$$

2. Среднее давление механических потерь

$$p_m = 0,05 + 0,0155 C_n = 0,05 + 0,0155 \cdot 14,9 = 0,281 \text{ МПа.}$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_m = 1,084 - 0,281 = 0,803 \text{ МПа.}$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0,803}{1,084} = 0,74.$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 59 \cdot 4}{0,803 \cdot 5600 \cdot 4} = 0,394 \text{ л.}$$

6. Диаметр цилиндра (при  $S/D=1,053$  по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,394}{3,14 \cdot 1,053}} = 77,8 \text{ мм} - \text{принимаем } 78 \text{ мм.}$$

7. Ход поршня

$$S = D \cdot k = 78 \cdot 1,053 = 82,134 \text{ мм} - \text{принимаем } 82 \text{ мм.}$$

8. Из принятых  $D$  и  $S$  определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 78^2 \cdot 82}{4 \cdot 10^6} = 0,392 \text{ л};$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30\tau} = \frac{0,803 \cdot 0,392 \cdot 4 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 58,7 \approx 59 \text{ кВт};$$

в) эффективный крутящий момент

$$M_k = 9550 \frac{N_e}{n} = 9550 \frac{58,7}{5600} = 100 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{30 \cdot 10^4} = \frac{82 \cdot 5600}{30 \cdot 10^4} = 15,3 \text{ м/с}.$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_l = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30\tau} = \frac{0,803 \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 37,5 \text{ кВт/л}.$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30\tau} = \frac{0,803 \cdot 82 \cdot 10^{-2} \cdot 5600}{30 \cdot 4} = 30,73 \text{ кВт/дм}^2.$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_0 \cdot 10^6}{B \cdot T_0} = \frac{0,1 \cdot 10^6}{287 \cdot 288} = 1,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

12. Индикаторный КПД двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1,084 \cdot 14,8 \cdot 0,95 \cdot 10^3}{43500 \cdot 1,2 \cdot 0,8} = 0,35.$$

13. Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,74 \cdot 0,35 = 0,26.$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{43500 \cdot 0,26} = 318 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{318 \cdot 58,7}{1000} = 18,7 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} .$$

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  $n = 2000 \text{ мин}^{-1}$ , степенью сжатия  $\varepsilon = 16$ . Прототипом является двигатель Д-241Д. На двигателе установить турбокомпрессор.

Процесс впуска

1. Принимаем: давление окружающего воздуха  $P_o = 0,1 \text{ МПа}$ ; температуру окружающего воздуха  $T_o = 288 \text{ К}$ ; температуру остаточных газов  $T_r = 600 \text{ К}$ ; температуру подогрева свежего заряда  $\Delta T = 5 \text{ К}$ ; показатель политропы сжатия  $n_k = 1,7$ .

2. Давление надувочного воздуха

$$P_\kappa = 1,5 P_o = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ МПа} .$$

3. Температура воздуха за компрессором

$$T_\kappa = T_o \left( \frac{P_\kappa}{P_o} \right)^{\frac{n_k - 1}{n_k}} = 288 \left( \frac{0,15}{0,1} \right)^{\frac{1,7 - 1}{1,7}} = 340 \text{ К} .$$

4. Давление остаточных газов

$$P_r = 10,8 P_\kappa = 0,8 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ МПа} .$$

5. Потери давления на впуске

$$\Delta P_a = 0,05 P_\kappa = 0,05 \cdot 0,15 = 0,0075 \text{ МПа} .$$

6. Давление в конце впуска

$$P_a = P_\kappa - \Delta P_a = 0,15 - 0,0075 = 0,1425 \text{ МПа} .$$

7. Коэффициент остаточных газов

$$\gamma_r = \frac{T_\kappa + \Delta T}{T_r} \cdot \frac{P_r}{\varepsilon \cdot P_a - P_r} = \frac{340 + 5}{600} \cdot \frac{0,12}{16 \cdot 0,1425 - 0,12} = 0,032 .$$

8. Температура в конце впуска

$$T_a = \frac{T_\kappa + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{340 + 5 + 0,032 \cdot 600}{1 + 0,032} = 353,5 \text{ К} .$$

Процесс сжатия

1. Средний показатель политропы сжатия

$$n_1 = 1,41 - 100/n = 1,41 - 100/2000 = 1,36.$$

2. Давление в конце сжатия  $P_c = P_a \varepsilon^{n_1} = 0,1425 \cdot 16^{1,36} = 6,19$  МПа.

3. Температура в конце сжатия  $T_c = T_a \varepsilon^{n_1 - 1} = 353,5 \cdot 16^{1,36 - 1} = 959$  К.

Процесс сгорания

1. Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг топлива

$$l_0 = \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot C + 8H - O_T \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,23} \right) \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,857 + 8 \cdot 0,133 - 0,01 \right) = 14,5 \frac{\text{кг воздуха}}{\text{кг топлива}};$$

$$L_0 = \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O_T}{32} \right) =$$

$$= \left( \frac{1}{0,21} \right) \cdot \left( \frac{0,857}{12} + \frac{0,133}{4} - \frac{0,01}{32} \right) = 0,5 \frac{\text{кмоль воздуха}}{\text{кг топлива}}.$$

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

$$M_2 = \alpha \cdot L_0 + H/4 + O_T/32 =$$

$$= 1,7 \cdot 0,5 + 0,133/4 + 0,01/32 = 0,88 \frac{\text{кмоль}}{\text{кг}}.$$

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

$$C_{V_1} = 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c =$$

$$= 20,16 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot 959 = 21,83 \frac{\text{кДж}}{(\text{кмоль} \cdot \text{К})};$$

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  $Q_n = 42800$  кДж/кг; коэффициент использования тепла  $\xi = 0,7$ .

9. Температура в конце сгорания определяется из уравнения

$$(C_{V_1} + 8,315\lambda)T_c + \frac{\xi Q_n}{\alpha \cdot L_0(1 + \gamma_r)} = \beta C'_p T_z;$$

$$(21,83 + 8,315 \cdot 1,7) \cdot 959 + \frac{0,7 \cdot 42800}{1,7 \cdot 0,5(1 + 0,032)} =$$

$$= 1,03(28,85 + 23,62 \cdot 10^{-4} \cdot T_z) \cdot T_z;$$

$$0,0024 \cdot T_z^2 + 29,7 \cdot T_z - 68645 = 0;$$

$$T_z = 1990 \text{ K}.$$

10. Давление в конце сгорания

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1,7 \cdot 6,19 = 10,52 \text{ МПа}.$$

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  $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{16}{1,26} = 12,7.$

2. Давление в конце расширения

$$P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}} = \frac{10,52}{12,7^{1,28}} = 0,41 \text{ МПа}.$$

3. Температура в конце расширения

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{1990}{12,7^{1,28-1}} = 975 \text{ К}.$$

4. Проверка ранее принятой  $T_r$

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{P_r}}} = \frac{975}{\sqrt[3]{\frac{0,41}{0,12}}} = 650 \text{ К},$$

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

$$P'_i = \frac{P_c}{\varepsilon - 1} \cdot \left[ \lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left( 1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] =$$

$$= \frac{6,19}{16 - 1} \cdot \left[ 1,7(1,26 - 1) + \frac{1,7 \cdot 1,26}{1,28 - 1} \left( 1 - \frac{1}{12,7^{1,28-1}} \right) - \frac{1}{1,36 - 1} \left( 1 - \frac{1}{16^{1,36-1}} \right) \right] =$$

$$= 1,2 \text{ МПа}.$$

2. Потери индикаторного давления на выполнение вспомогательных ходов

$$\Delta P_i = P_r - P_a = 0,12 - 0,142 = -0,022 \text{ МПа}.$$

3. Действительное среднее индикаторное давление

$$P_i = P'_i \cdot \nu - \Delta P_i = 1,2 \cdot 0,93 - (-0,022) = 1,14 \text{ МПа}.$$

Определение основных размеров двигателя и показателей его топливной экономичности

1. Скорость поршня

$$C_n = S \cdot n / 3 \cdot 10^4 = 125 \cdot 2000 / 3 \cdot 10^4 = 8,3 \text{ м/с}.$$

2. Среднее давление механических потерь

$$P_m = 0,105 + 0,012 C_n = 0,105 + 0,012 \cdot 8,3 = 0,2 \text{ МПа}.$$

3. Среднее эффективное давление

$$P_e = P_i - P_m = 1,14 - 0,2 = 0,94 \text{ МПа}.$$

4. Механический коэффициент полезного действия двигателя

$$\eta_m = \frac{P_e}{P_i} = \frac{0,94}{1,14} = 0,82.$$

5. Рабочий объем одного цилиндра

$$V_h = \frac{30 \cdot N_e \cdot \tau}{P_e \cdot n \cdot i} = \frac{30 \cdot 60 \cdot 4}{0,94 \cdot 2000 \cdot 4} = 0,96 \text{ л}.$$

6. Диаметр цилиндра (при  $S/D=1,136$  по прототипу)

$$D = 100 \sqrt[3]{\frac{4V_h}{\pi k}} = 100 \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,96}{3,14 \cdot 1,136}} = 102,5 \text{ мм} - \text{принимаем } 102 \text{ мм}.$$

7. Ход поршня

$$S = D \cdot k = 102 \cdot 1,136 = 115,8 \text{ мм} - \text{принимаем } 116 \text{ мм}.$$

8. Из принятых  $D$  и  $S$  определяем:

а) рабочий объем цилиндра

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4 \cdot 10^6} = \frac{3,14 \cdot 102^2 \cdot 116}{4 \cdot 10^6} = 0,947 \text{ л};$$

б) эффективная мощность

$$N_e = \frac{P_e \cdot V_h \cdot i \cdot n}{30 \tau} = \frac{0,94 \cdot 0,947 \cdot 4 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 59,3 \approx 60 \text{ кВт};$$

в) эффективный крутящий момент

$$Mk = 9550 \frac{N_e}{n} = 9550 \frac{59,3}{2000} = 283 \text{ Нм};$$

г) средняя скорость поршня

$$C_n = \frac{S \cdot n}{3 \cdot 10^4} = \frac{116 \cdot 2000}{3 \cdot 10^4} = 7,7 \text{ м/с}.$$

9. Удельная литровая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{V_h \cdot i} = \frac{P_e \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0,94 \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 15,7 \text{ кВт/л}.$$

10. Удельная поршневая мощность

$$N_n = \frac{N_e}{F_n \cdot i} = \frac{P_e \cdot S \cdot n}{30 \cdot \tau} = \frac{0,94 \cdot 116 \cdot 10^{-2} \cdot 2000}{30 \cdot 4} = 18,17 \text{ кВт/дм}^2.$$

11. Плотность заряда на впуске

$$\rho_0 = \frac{P_\kappa \cdot 10^6}{B \cdot T_\kappa} = \frac{0,15 \cdot 10^6}{287 \cdot 340} = 1,54 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

12. Индикаторный КПД двигателя

$$\eta_i = \frac{P_i \cdot l_0 \cdot \alpha \cdot 10^3}{Q_n \cdot \rho_0 \cdot \eta_v} = \frac{1,14 \cdot 14,5 \cdot 1,7 \cdot 10^3}{42800 \cdot 1,54 \cdot 0,9} = 0,47.$$

13. Эффективный КПД двигателя

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0,47 \cdot 0,82 = 0,38.$$

14. Эффективный удельный расход топлива

$$g_e = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Q_n \cdot \eta_e} = \frac{3,6 \cdot 10^6}{42800 \cdot 0,38} = 221 \frac{\text{г}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}}.$$

15. Часовой расход топлива

$$G_T = \frac{g_e \cdot N_e}{1000} = \frac{221 \cdot 59,3}{1000} = 13,1 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}.$$

Отклонение расчетного значения мощности от заданного составляет 1,2%, что допустимо.



## Задания на курсовую работу студентам заочной формы обучения

№ зачетной книжки	Прототип	Мощность двигателя, N, кВт	Обороты двигателя, n, об/мин	Степень сжатия, ε
1	2	3	4	5
01	MeM3-969A	31,5	4500	7,5
02	BA3-3411	45	4750	22
03	M3MA-407	32,5	4550	7,1
04	BA3-342	50	4900	22,5
05	BA3-1113	24	5450	8,3
06	ЗМЗ-5143.1	72	4050	19
07	УЗАМ-412Э	54	5700	8,5
08	ГАЗ-3301	90	2750	18,1
09	BA3-2101	46	5650	8,7
10	ГАЗ-5601	71	4350	20
11	BA3-2106	58	5500	8
12	ГАЗ-560	81	4350	21
13	BA3-2107	58	5500	8,3
14	Д-245.7	87	2350	16,7
15	BA3-21073	57	5100	8,4
16	Д-245.9	99	2350	15,5
17	BA3-21083	48	5520	9,8
18	Д-245.12С	77	2450	15
19	BA3 2112	65	5700	10
20	ЗиЛ-645Н	135	2850	18
21	BA3-2121	52	5300	8
22	ЗиЛ-6454	145	2750	18,5
23	УМЗ-421.10	73	3950	8
24	КамАЗ-740.1	160	2550	16,5
25	УМЗ-4218.1	60	3900	7,1
26	КамАЗ-640	115	2550	17,2
27	УМЗ-4213.1	75	4050	8
28	ЯМЗ-236М2	130	2050	16,3
29	УМЗ-4178	61	4000	6,8
30	ЯМЗ-236ЕН2	165	2150	16
31	УМЗ-451М	55	3900	7
32	ЯМЗ-236А	140	2050	16,8
33	ЗМЗ-21А	54	3900	6,5
34	ЯМЗ-238М2	175	2100	16,2

## Продолжение приложения 17

1	2	3	4	5
35	ЗМЗ-402.10	73	4550	8
36	ЯМЗ-238ДЕ2	240	2000	17
37	ЗМЗ-24Д	68	4450	8
38	ЯМЗ-238НБ	155	1800	16
39	ЗМЗ-4062.1	105	5150	9
40	ЯМЗ-7511.10	290	1880	16,8
41	ЗМЗ-4063.1	80	4450	8
42	ВАЗ-3411	44	4850	23,5
43	ЗМЗ-40522.1	110	5100	9
44	ВАЗ 342	52	5100	23,5
45	ЗМЗ-5233.1	96	3150	8
46	ЗМЗ-5143.1	75	4100	20
47	ГАЗ-13	145	4350	8,7
48	ГАЗ-3301	91	2700	18,5
49	ЗМЗ-53.11	88	3250	7,2
50	ГАЗ-5601	72	4400	21
51	ЗиЛ-130	105	3150	6,2
52	ГАЗ-560	83	4300	22
53	ЗиЛ-114	215	4500	7,2
54	Д-245.7	88	2400	18
55	ЗиЛ-508.10	110	3300	7
56	Д-245.9	102	2450	17
57	ЗиЛ-375	130	3150	7
58	Д-245.12С	78	2450	15,5
59	МеМЗ-969А	29	4150	7
60	ВАЗ-3411	44,5	4800	22,5
61	МЗМА-407	34	4500	7,5
62	ВАЗ-342	51	4950	22
63	ВАЗ-1113	22	5500	8
64	ЗМЗ-5143.1	70	3900	19
65	УЗАМ-412Э	56	5850	9
66	ГАЗ-3301	92	2850	17,5
67	ВАЗ-2101	45	5400	9
68	ГАЗ-5601	68	4200	19,5
69	ВАЗ-2106	60	5500	8,7
70	ГАЗ-560	80	4200	21,5
71	ВАЗ-2107	56	5500	8
72	Д-245.7	92	2500	17,5
73	ВАЗ-21073	60	5300	8,7

## Окончание приложения 17

1	2	3	4	5
74	Д-245.9	100	2400	17
75	ВАЗ-21083	52	5700	10
76	Д-245.12С	80	24000	16
77	ВАЗ 2112	67	5650	10,5
78	ЗиЛ-645Н	137	2800	19
79	ВАЗ-2121	54	5500	8,7
80	ЗиЛ-6454	150	2850	19
81	УМЗ-421.10	77	4100	8,5
82	КамАЗ-740.1	163	2650	17,3
83	УМЗ-4218.1	64	4100	7,2
84	КамАЗ-640	120	2650	17,5
85	УМЗ-4213.1	80	4100	8,5
86	ЯМЗ-236М2	135	2150	17
87	УМЗ-4178	63	4050	7,2
88	ЯМЗ-236ЕН2	170	2150	17
89	УМЗ-451М	56	400	6,5
90	ЯМЗ-236А	145	2150	17
91	ЗМЗ-21А	56	4050	7
92	ЯМЗ-238М2	178	2150	17
93	ЗМЗ-402.10	75	4600	8,5
94	ЯМЗ-238ДЕ2	245	2100	17
95	ЗМЗ-24Д	72	4550	8,5
96	ЯМЗ-238НБ	160	1750	17
97	ЗМЗ-4062.1	108	5300	9,5
98	ЯМЗ-7511.10	295	2000	17
99	ЗМЗ-4063.1	82	4550	8,5
00	ЯМЗ-236М2	133	2100	16

Учебное издание

Ленивцев Геннадий Александрович, Володько Олег Станиславович

## **ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
для выполнения курсовой работы**

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 17.12.2012. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 4,4, печ. л. 4,75.  
Тираж 70. Заказ №121.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА  
446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47  
Факс 46-2-44  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Тракторы и автомобили»

# **ДИНАМИЧЕСКИЙ И ТОПЛИВНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ АВТОМОБИЛЯ**

**Методические указания  
для выполнения курсового проекта**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК 631.372.(07)

Д-46

**Д-46** Динамический и топливно-экономический расчёт автомобиля : методические указания для выполнения курсового проекта / сост. Р. М. Мусин, Р. Р. Мингалимов, А. П. Быченин. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 56 с.

В учебном издании рассмотрена методика динамического и топливно-экономического расчета автомобиля

Методические указания по курсовому проекту составлены для студентов инженерного факультета, обучающихся по направлению: 190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014

© Мусин Р. М., Мингалимов Р. Р.,  
Быченин А. П., составление, 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	4
Общие методические рекомендации для выполнения курсового проекта.....	6
1 Выбор исходных параметров.....	8
2 Подбор двигателя к проектируемому автомобилю.....	11
3 Динамический расчет автомобиля.....	16
4 Расчет топливной экономичности автомобиля.....	26
5 Анализ результатов расчета и выводы.....	31
Рекомендуемая литература.....	32
Приложения.....	33

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Методические указания для выполнения курсового проекта по динамическому и топливно-экономическому расчёту автомобиля составлены для студентов инженерного факультета, обучающихся по направлению: 190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Динамический и топливно-экономический расчет автомобиля является курсовым проектом по дисциплине «Основы теории и расчета автомобилей»

Выполнение курсового проекта преследует цель формирования у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по эффективному использованию автомобилей, в систематизации и закреплении знаний студентов по основным вопросам теории автомобиля и приобретения навыков в решении практических задач.

Выполнение курсового проекта способствует формированию у студентов следующих компетенций:

- готовности к выполнению элементов расчетно-проектировочной работы по созданию и модернизации систем и средств эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов;
- владения основами методики разработки проектов и программ для отрасли, проведения необходимых мероприятий, связанных с безопасной и эффективной эксплуатацией транспортных и транспортно-технологических машин различного назначения, их агрегатов, систем и элементов, а также выполнения работ по стандартизации технических средств, систем процессов, оборудования и материалов: основами умений рассмотрения и анализа различной технической документации;
- способности к участию в составе коллектива исполнителей в проведении испытаний транспортно-технологических процессов и их элементов;
- способности к участию в составе коллектива исполнителей при выполнении лабораторных, стендовых, полигонных, приемосдаточных и иных видов испытаний систем и средств эксплуатации транспортно-технологических машин и комплексов.

По результатам выполнения курсового проекта студент должен знать:



- теорию, методы расчета анализа и оценки эксплуатационных свойств автомобиля;
- методику и оборудования для испытания автомобилей и их систем;

- основные направления и тенденции совершенствования современных автомобилей;

уметь:

- выполнять расчеты по определению тягово-скоростных, топливно-экономических и тормозных характеристик, характеристик управляемости, устойчивости, проходимости и плавности движения автомобиля;

- анализировать характеристики эксплуатационных свойств автомобиля, определять пути их улучшения;

- использовать для проведения расчетов и анализа характеристик современные методы с применением ЭВМ.

Задачей динамического и топливно-экономического расчетов автомобиля является определение основных показателей автомобиля: массы автомобиля, размера колес, мощности двигателя, числа ступеней коробки передач и передаточных чисел трансмиссии, динамических и топливно-экономических качеств.

В задании на расчет обычно указываются следующие данные: тип автомобиля, грузоподъемность для грузовых автомобилей, количество мест для легковых автомобилей, максимальная скорость движения автомобиля, коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости, угол подъема, который может преодолеть автомобиль на прямой передаче, максимальный угол подъема, который может преодолеть автомобиль на низшей передаче, КПД.

Порядок выполнения работы следующий: выбираются исходные параметры для расчета; подбирается двигатель автомобиля; производятся динамический и топливно-экономический расчеты и строятся графические характеристики проектируемого автомобиля. Графики выполняются карандашом на листе формата А1. Масштабы должны быть выбраны так, чтобы ординаты графиков были больше абсцисс. Результаты расчетов анализируются и делаются выводы.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект «Динамический и топливно-экономический расчет автомобиля» выполняется по индивидуальному заданию в процессе изучения дисциплины «Основы теории и расчета автомобилей» (190600 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов») на 4 курсе (7 семестр).

Защита курсового проекта проводится до экзаменационной сессии 7 семестра. Форма титульного листа курсового проекта представлена в приложении 20.

Индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 21) выдается преподавателем индивидуально каждому студенту (задание на курсовой проект для студентов заочной формы обучения выбирается из приложения 22 по последним двум цифрам зачетки либо выдается преподавателем в индивидуальном порядке). Оно включает наименование (модель) прототипа энергетического средства и основные исходные данные для определения необходимой, с учетом условий работы, тягово-динамического и топливно-экономического расчетов автомобиля.

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 из 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 [10] и включает:

- титульный лист (прил.20);
- индивидуальное задание на курсовой проект (прил. 21);
- реферат;
- оглавление;
- введение;

- выбор и обоснование исходных данных с учетом индивидуального задания;
- расчеты д.в.с. (динамический);
- динамический и топливно-экономический расчеты ЭС (автомобиля с учетом индивидуального задания);
- выводы и предложения;
- список использованной литературы и источников;
- приложения.

Выполнение курсового проекта и оформление расчетно-пояснительной записки осуществляется по мере изучения дисциплины «Основы теории и расчета автомобилей».

Тягово-динамический и топливно-экономический расчет автомобиля выполняется в соответствии с вариантом задания.

В соответствии с индивидуальным заданием рекомендуется:

- 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.

Оформление курсового проекта:

- обобщить результаты расчетов курсового проекта и заполнить общие формы и разделы: титульный лист; индивидуальное задание; реферат; оглавление; введение; выводы и предложения; список использованной литературы и источников; приложения. Выводы и предложения должны включать анализ результатов по всему курсовому проекту.

Графическая часть курсового проекта включает графики:

- 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 ГОСТ 2.107-68; ГОСТ 2.109-73; ГОСТ 2.315-68; ГОСТ 2.104-68; ГОСТ 2.105-69; ГОСТ 2.106-69 и методических рекомендаций [10]. Графическая часть может быть выполнена на листах А1, А2 или А4 (допускается выполнение на миллиметровой бумаге или компьютерное исполнение).

Пояснительная записка оформляется на листах А4 машинным текстом с использованием ПЭВМ [10].

#### 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 выполненной работе (5-8 мин) и ответов на вопросы членов комиссии и присутствующих. Доклад должен включать информацию о результатах расчетов и основные выводы об эффективности проектируемого энергетического средства.

- Дифференцированная оценка результатов защиты, как правило, учитывает содержание доклада, качество оформления пояснительной записки и графической части, результаты расчетов и ответы на вопросы комиссии.

## **1 ВЫБОР ИСХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ**

За основу берутся параметры лучших существующих одноклассовых 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  $\eta_{\Gamma}$  определяется по формуле

$$\eta_{\Gamma} = \frac{m}{m_{\text{H}}}, \quad (1)$$

где  $m_{\text{H}}$  – номинальная грузоподъемность автомобиля, кг;  
 $m$  – масса снаряженного автомобиля, кг.

Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m = \eta_{\Gamma} \cdot m_{\text{H}}, \text{ кг.}$$

Для легкового автомобиля показатель использования массы  $\eta_{\text{Л}}$  равен

$$\eta_{\text{Л}} = \frac{m'}{L}, \quad (2)$$

где  $m'$  – масса снаряженного автомобиля, кг;  
 $L$  – база автомобиля, мм.

Масса снаряженного автомобиля будет равна

$$m' = \eta_{\text{Л}} \cdot L, \text{ кг.} \quad (3)$$

Полная масса автомобиля  $m_{\text{а}}$  определяется как

$$m_{\text{а}} = m + m_{\text{с}}, \quad (4)$$

где  $m$  – масса снаряженного автомобиля, кг;  
 $m_{\text{с}}$  – масса нагрузки автомобиля, кг.

Для грузового автомобиля

$$m_{\text{с}} = m_{\text{H}} + 80 \cdot n, \text{ кг,} \quad (5)$$

где  $n$  – число мест в автомобиле для сидения, включая место для водителя;

80 – масса одного пассажира, кг.

Для легкового автомобиля

$$m_{\text{с}} = (80 + 10)n' + m \cdot g, \text{ кг,} \quad (6)$$

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

$$m_{к1} = \frac{m}{\kappa_1}, \text{ кг,} \quad (7)$$

$$m_{к2} = \frac{m_2}{\kappa_2}, \text{ кг,} \quad (8)$$

где  $m_1$ ,  $m_2$  – массы, приходящиеся соответственно на переднюю и заднюю оси;

$\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  – 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  $r_{\kappa}$ .

При обозначении параметров шин в дюймах радиус определяется по формуле

$$r_{\kappa} = 0,0254[0,5 \cdot d + (1 - \kappa') \cdot b], \text{ м,} \quad (9)$$

где  $d$  – внутренний диаметр шины, дюймов;

$b$  – ширина шины, дюймов;

$\kappa'$  – коэффициент радиальной деформации.

Для стандартных широкопрофильных шин коэффициент  $\kappa'$  принимается равным 0,1-0,16; для арочных шин  $\kappa'$  принимают равным 0,2-0,03.

При обозначении параметров шин в мм радиус  $r_k$  определяется по формуле

$$r_k = 0,001[0,5 \cdot d + (1 - k') \cdot b], \text{ м.} \quad (10)$$

Величину лобовой площади автомобиля можно определить как

$$F = a \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (11)$$

где  $a$  – поправочный коэффициент;

$B$  – колея, м;

$H$  – наибольшая высота автомобиля, м.

Для легковых автомобилей  $a = 0,9-0,96$ ;

Для грузовых автомобилей  $a = 1,05-1,1$ .

Можно использовать формулу

$$F = 0,778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (12)$$

где  $B$  и  $H$  – ширина и высота автомобиля, м.

Сила сопротивления воздуха определяется по формуле

$$P_w = \frac{k \cdot F \cdot v^2}{13}, \text{ Н,} \quad (13)$$

где  $k$  – коэффициент сопротивления воздуха,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$ ;

$F$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

## 2 ПОДБОР ДВИГАТЕЛЯ К ПРОЕКТИРУЕМОМУ АВТОМОБИЛЮ

Первоначально определяется мощность двигателя, необходимая для обеспечения максимальной скорости движения автомобиля.

$$N_v = \frac{N_f + N_w + N_j}{\eta_{\text{тр}}}, \text{ кВт,} \quad (14)$$

где  $\eta_{\text{тр}}$  – КПД силовой передачи автомобиля;

$N_f$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, кВт;

$N_w$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления воздуха, кВт;

$N_j$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления сил инерции, кВт.

При максимальной скорости разгон автомобиля невозможен, поэтому ускорение равно нулю и  $N_j = 0$ .

Тогда

$$N_v = \frac{N_f + N_w}{\eta_{тр}}, \text{ кВт.} \quad (15)$$

$N_f$  определяется по формуле

$$N_f = \frac{f \cdot m_a \cdot g \cdot v_{\max}}{3600}, \text{ кВт,} \quad (16)$$

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

$$N_w = \frac{k \cdot F \cdot v_{\max}^3}{46000}, \text{ кВт,} \quad (17)$$

где  $k \cdot F$  – фактор сопротивления воздуха,  $\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^2}$ .

Подсчитанная по приведенной формуле (15) мощность  $N_v$  является максимальной для дизельного двигателя. Для бензиново-



го двигателя максимальная мощность  $N_{e \max}$  подсчитывается по формуле Лейдермана

$$N_{e \max} = \frac{N_v}{a \cdot \left(\frac{n_v}{n_H}\right) + b \cdot \left(\frac{n_v}{n_H}\right) - c \cdot \left(\frac{n_v}{n_H}\right)^3}, \text{ кВт}, \quad (18)$$

где  $n_v$  и  $n_H$  – 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  $\frac{n_v}{n_H}$  для автомобилей с бензиновыми двигателями изменяется в пределах 1,05-1,2.

Выбирают величину  $n_H$ , ориентируясь на прототип автомобиля, затем по отношению  $\frac{n_v}{n_H}$  определяют величину  $n_v$ .

Имея величину отношения  $\frac{n_v}{n_H}$ , выбирают номинальную частоту вращения коленчатого вала двигателя, т.е. соответствующую максимальной мощности  $n_H$ , 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 соот-

ношение  $\frac{n_v}{n_H}$ .

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

$$n_s = \frac{n_v}{v_{\max}}. \quad (19)$$

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  $\frac{n_v}{n_H}$ , его подставляют в формулу мощности и подсчитывают величину  $N_{e \max}$ .

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

$$n_v = n_s \cdot v \quad (20)$$

определяют частоту вращения двигателя, соответствующую выбранным скоростям и принятому коэффициенту  $n_s$ .

Данные заносятся в таблицу 1.

Таблица 1

**Результаты расчета внешней характеристики двигателя**

$v$ , км/ч	10	20	50	80	...	$v_{\max}$
$n_e$ , мин <sup>-1</sup>						
$N_e$ , кВт						

$M_e, \text{Н}\cdot\text{м}$						
$N_{\psi}, \text{кВт}$						

Текущие значения мощности двигателя при различной частоте вращения коленчатого вала определяют по формуле Лейдермана

$$N_e = N_{e \max} \cdot \left[ a \cdot \left( \frac{n_e}{n_H} \right) + b \cdot \left( \frac{n_e}{n_H} \right) - c \cdot \left( \frac{n_e}{n_H} \right)^3 \right], \text{кВт.} \quad (21)$$

где  $n_e$  – частота вращения коленчатого вала двигателя.

Для определения текущих значений крутящего момента используется формула

$$M_e = 9550 \cdot \frac{N_e}{n_e}, \text{Н}\cdot\text{м}. \quad (22)$$

Мощность, необходимая для движения автомобиля на прямой передаче по дороге с заданным углом подъема  $i_{пр}$  при различных скоростях движения определяется по выражению

$$N_{\psi} = \frac{\left( \frac{\psi \cdot m_a \cdot g \cdot v}{3600} + \frac{K \cdot F \cdot v^3}{13 \cdot 3600} \right)}{\eta_{тр}}, \text{кВт}, \quad (23)$$

где  $\psi = f + i_{пр}$ .

Результаты расчетов заносят в таблицу 1. По данным этой таблицы строят графики функций:  $N_e = f(n_e)$ ;  $M_e = f(n_e)$ ;  $N_{\psi} = f(v)$ . 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. 1).

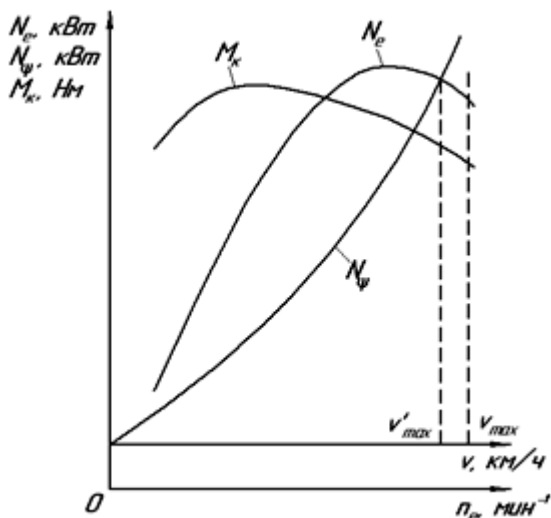


Рис. 1. Внешняя характеристика двигателя

### 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

$$i_{тр} = i_0 \cdot i_k$$

Передаточные числа главной передачи  $i_0$  определяют из условия обеспечения максимальной скорости движения автомобиля на прямой передаче:

$$i_0 = 0,377 \cdot \frac{n_v \cdot r}{v_{\max}}, \quad (24)$$

где  $n_v$  – частота вращения двигателя при  $v_{\max}$ ,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$r_k$  – радиус колеса, м.

У большинства автомобилей, применяемых в сельском хозяйстве, высшей передачей является прямая передача.

В этом случае (без учета раздаточной коробки)

$$i_{\text{тр}} = i_0, \quad (25)$$

где  $i_0$  – передаточное число главной передачи.

Отсюда

$$i_0 = 0,377 \cdot \frac{n_H \cdot r_k}{v_{\max}}. \quad (26)$$

Затем определяют передаточное число первой передачи коробки передач  $i_{k1}$ . Передаточное число первой передачи  $i_{k1}$  должно удовлетворять двум требованиям:

- не вызывать полного буксования ведущих колес автомобиля при передаче максимального крутящего момента двигателя;
- обеспечивать преодоление максимального дорожного сопротивления  $\psi$ .

Следовательно, максимальная касательная сила тяги не должна превышать силы сцепления шин с дорогой, т.е.

$$P_{k \max} \leq P_{\varphi}, \quad (27)$$

где  $P_{\varphi}$  – сила сцепления двигателей автомобиля с дорогой.

$P_{k \max}$  определяется по формуле:

$$P_{k \max} = \frac{M_{k \max} \cdot i_0 \cdot i_{k1} \cdot \eta_{\text{тр}}}{r_k}, \text{ кН}, \quad (28)$$

где  $M_{k \max}$  – максимальный крутящий момент двигателя, Н·м;

$r_k$  – радиус колеса, м;

$i_{k1}$  – передаточное число коробки передач на первой передаче.

Для определения  $P_{\varphi}$  используется формула

$$P_{\varphi} = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda, \text{ кН}, \quad (29)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля, кг;

$\lambda$  – коэффициент использования массы автомобиля для сцепления с дорожным покрытием;

$\varphi$  – коэффициент сцепления движителей с дорогой.

У автомобилей обычной проходимости  $\lambda = 0,7-0,75$ ; у автомобилей повышенной проходимости  $\lambda = 1,0$ ; коэффициент сцепления  $\varphi$  принимается в пределах 0,5-0,8.

С учетом приведенных расчетов можно записать

$$\frac{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot i_{\kappa 1} \cdot \eta_{mp}}{r_{\kappa}} = \varphi \cdot m_a \cdot g \cdot \lambda, \quad (30)$$

откуда

$$i_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \lambda \cdot \varphi \cdot r_{\kappa}}{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}. \quad (31)$$

По максимальному коэффициенту дорожных сопротивлений  $\psi_{\max}$  находят передаточное число первой передачи.

Формула для определения передаточного числа по максимальному сопротивлению дороги имеет вид

$$i'_{\kappa 1} = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi_{\max} \cdot r_{\kappa}}{M_{\kappa \max} \cdot i_0 \cdot \eta_{mp}}, \quad (32)$$

где  $\psi_{\max} = f + i_{\max}$ .

Обычно у отечественных автомобилей общего назначения максимальное сопротивление дороги  $\psi_{\max}$ , преодолеваемое на первой передаче, лежит в пределах 0,32-0,5. 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, быстрой разгону, 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

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{1}{i_{k1}}}, \quad (33)$$

где  $z$  – число передач в коробке передач, включая прямую.

Если в коробке передач прямой передачей является последняя, то для трехступенчатой коробки передач

$$i_{k2} = \sqrt{i_{k1}}; i_{k3} = 1,0. \quad (34)$$

Зная  $i_{k1}$  и знаменатель геометрической прогрессии  $q$ , передаточные числа последующих передач можно определить по формулам

$$i_{k2} = i_{k1} \cdot q; i_{k3} = i_{k1} \cdot q^2; i_{kz} = i_{k1} \cdot q^{z-1}. \quad (35)$$

Для отечественных автомобилей  $q$  лежит в пределах 0,55-0,65.

$$i_{mp} = i_o \cdot i_k. \quad (36)$$

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

$$D = \frac{P_k - P_w}{m_a \cdot g} = \psi \pm \frac{\delta_{вр} \cdot j}{g}, \quad (38)$$

где  $\delta_{вр}$  – коэффициент учета силы инерции вращающихся масс;  
 $j$  – ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>.

Теоретическая

$$V = 0,377 \cdot \frac{n}{i_{тр}} \cdot r_k \cdot \psi$$

скорость определяется по формуле:

Коэффициент  $\delta_{вр}$  определяется по формуле

$$\delta_{вр} = 1,04 + 0,05 \cdot i_{тр}^2, \quad (39)$$

где  $i_{тр}$  – передаточное число трансмиссии.

Для расчета касательной силы тяги используется формула

$$P_k = \frac{M_k \cdot i_{тр} \cdot \eta_{тр}}{r_k}, \text{ Н.} \quad (40)$$

Сила сопротивления воздуха определяется по выражению

$$P_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot v^2}{13}, \text{ Н.} \quad (41)$$

Результаты расчетов заносятся в таблицу 2.

Таблица 2

**Результаты расчета основных показателей автомобиля**

Номер передачи	Номер точки	V, км/ч	$n_e$ , мин <sup>-1</sup>	$P_k$ , Н	$P_w$ , Н	D	$P_c$	j, м/с <sup>2</sup>	1/j, с <sup>2</sup> /м	$\delta_{вр}$
1	1									
	2									
	3									
	4									
	5									



	6									
	1									
	2									
...	3									
	4									
	5									
	6									
	1									
	2									
z	3									
	4									
	5									
	6									

По данным таблицы 2 строится динамическая характеристика (рис. 2). 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.

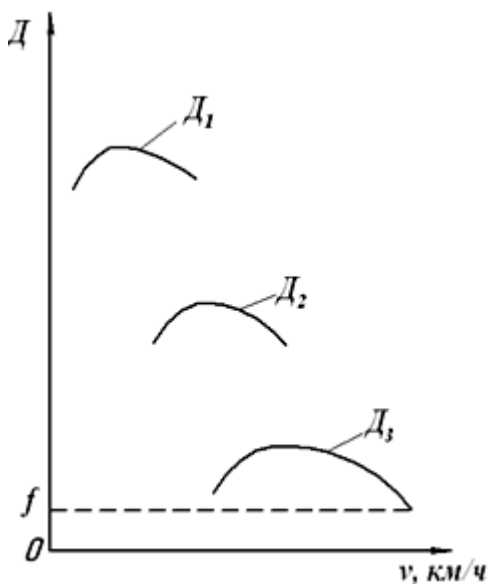


Рис. 2. Динамическая характеристика автомобиля

Ускорение автомобиля вычисляется по формуле

$$j = \frac{(P_k - P_c)}{\delta_{вр} \cdot m_a}, \text{ м/с}^2, \quad (42)$$

где  $P_c = P_f + P_w$  – суммарная сила сопротивления движению автомобиля (дороги, воздуха) на горизонтальном участке пути.

Сила  $P_f$  определяется по формуле

$$P_f = m_a \cdot g \cdot f, \text{ Н}, \quad (43)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления перекачиванию автомобиля.

Данные расчетов заносятся в таблицу 2. По данным таблицы 2 строятся графики зависимости ускорения автомобиля от скорости (рис. 3).

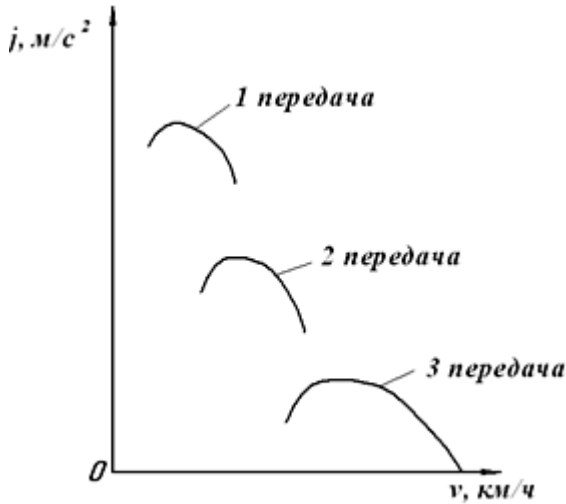


Рис. 3. Графики зависимости ускорения автомобиля от скорости

По графику ускорений можно установить наиболее выгодные 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. Известно, что ускорение есть первая производная скорости по времени

$$j = \frac{dv}{dt}, \quad (44)$$

отсюда

$$dt = \frac{1}{j} \cdot dv, \quad (45)$$

или

$$t = \frac{1}{j} \cdot \int_{v_1}^{v_2} dv. \quad (46)$$

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  $\frac{1}{j} = f(v)$ .

Примерный график функции  $\frac{1}{j} = f(v)$  приведен на рисунке 4.

Площадь графика, заключенная между осью абсцисс и кривыми  $\frac{1}{j}$  разбивается несколькими вертикальными линиями на отдельные участки. Элементарные площадки  $\Delta t$  суммируются нарастающим итогом. Время разгона определяется по формуле

$$t = \frac{\sum \Delta t \cdot a \cdot b}{3,6}, \text{ с}, \quad (47)$$

где  $\sum \Delta t$  – сумма элементарных площадок, мм<sup>2</sup>;

$a$  – масштаб скорости, (км/ч)/мм;

$b$  – масштаб величин, обратных ускорениям, (с<sup>2</sup>/м)/мм.

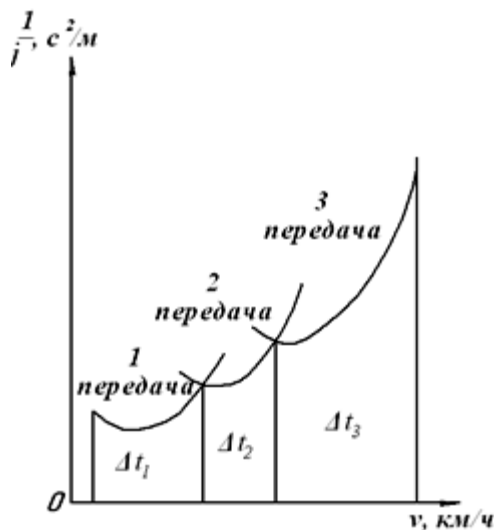


Рис. 4. График зависимости величин, обратных ускорению автомобиля, от скорости  
 Результаты расчетов заносятся в таблицу 3.

Таблица 3

**Результаты расчетов времени и пути разгона автомобиля**

Разгон	$\Delta t$ , мм <sup>2</sup>	Время разгона, с	Разгон	$\Delta s$ , мм <sup>2</sup>	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 $v_2$ до $v_3$			от $v_2$ до $v_3$		
...			...		
от $v_{z-1}$ до $v_z$			от $v_{z-1}$ до $v_z$		

Время разгона определяется по формуле (47). 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 3 строят график зависимости

$t = f(v)$  (рис. 5). График пути разгона, так же как и график времени разгона, строят для характеристики приемистости автомобиля.

Известно, что скорость есть первая производная пути по времени

$$v = \frac{ds}{dt}, \quad (48)$$

откуда

$$ds = v \cdot dt, \quad (49)$$

или

$$s = \int_{t_0}^{t_1} v dt. \quad (50)$$

Ввиду сложности аналитического решения интеграла, для определения пути разгона автомобиля применяют графоаналитический метод. На графике времени разгона (рис. 5) площадь между кривой и осью ординат разбивается несколькими горизонтальными линиями на участки и определяются их площади. Каждая элементарная площадка  $\Delta s$  представляет собой в масштабе  $v dt$ .

Путь разгона определяется по формуле

$$s = \frac{\sum \Delta s \cdot a \cdot c}{3,6}, \text{ м}, \quad (51)$$

где  $\sum \Delta s$  – сумма элементарных площадок, мм<sup>2</sup>;

$c$  – масштаб времени, с/мм;

$a$  – масштаб скорости, (км/ч)/мм.

Результаты расчетов заносятся в таблицу 3. По данным таблицы 3 строится график пути разгона автомобиля. Примерный график пути разгона  $s = f(v)$  представлен на рисунке 6.

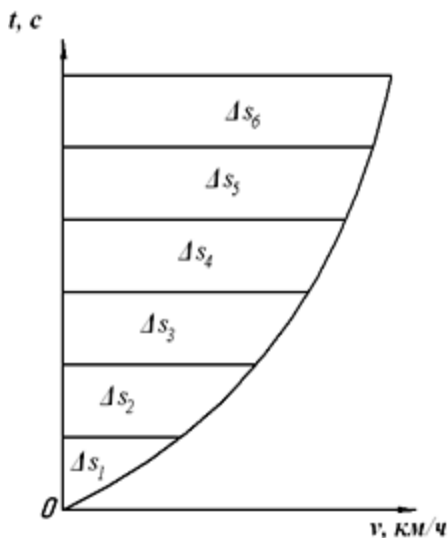


Рис. 5. График зависимости времени разгона автомобиля от скорости

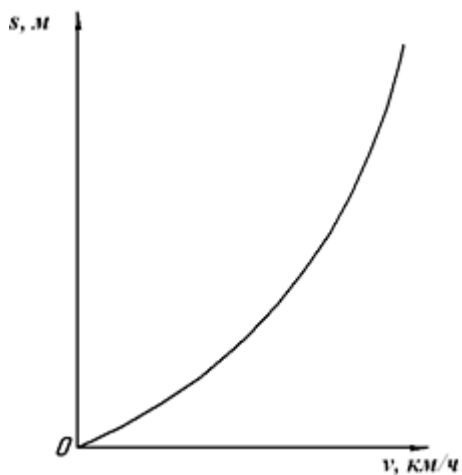


Рис. 6. График зависимости пути разгона автомобиля от скорости

#### **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

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_e}{10 \cdot v}, \text{ л/100 км,} \quad (52)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя, кВт;

$v$  – скорость движения автомобиля, км/ч;

$g_e$  – удельный расход топлива двигателем, г/кВт·ч.

В свою очередь

$$N_e = \frac{N_\psi + N_w}{\eta_{tr}}, \text{ кВт,} \quad (53)$$

где  $N_\psi$  – мощность, затрачиваемая двигателем автомобиля на преодоление сопротивления дороги, кВт;

$N_w$  – мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление сопротивления воздуха, кВт;

$\eta_{tr}$  – к.п.д. трансмиссии.

Мощность двигателя автомобиля, затрачиваемая на преодоление сопротивления дороги, определяется по формуле

$$N_\psi = \frac{m_a \cdot g \cdot \psi \cdot v}{3600}, \text{ кВт,} \quad (54)$$

где  $m_a$  – полная масса автомобиля, кг;

$\psi$  – суммарный коэффициент сопротивления дороги;

$v$  – скорость движения автомобиля, км/ч.

Мощность, затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по формуле

$$N_w = \frac{\kappa \cdot F \cdot v^3}{13 \cdot 3600}, \text{ кВт,} \quad (55)$$

где  $\kappa$  – коэффициент сопротивления воздуха,  $(\text{Н} \cdot \text{с}^2)/\text{м}^4$ ;

$F$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ .

Для грузовых автомобилей  $\kappa$  лежит в пределах 0,5-0,9; у грузопассажирских –  $\kappa = 0,25-0,4$ .

$$F = 0,778 \cdot B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (56)$$

где  $B$  и  $H$  – ширина и высота автомобиля, м.

Тогда

$$Q_s = g_e \cdot \frac{N_\psi + N_w}{10 \cdot v \cdot \eta_{тр}}, \text{ л/100 км.} \quad (57)$$

Удельный расход топлива двигателя для любой частоты вращения двигателя и степени использования мощности определяется по уравнению

$$g_e = g_n \cdot \kappa_N \cdot \kappa_n, \text{ г/кВт} \cdot \text{ч}, \quad (58)$$

где  $g_n$  – удельный расход топлива при максимальной мощности двигателя, г/кВтч;

$\kappa_N$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя;

$\kappa_n$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

График зависимости коэффициента  $\kappa_n$  от отношения частоты вращения коленчатого вала текущей к частоте вращения номинальной  $n_e/n_n$  приведен на рисунке 7.

График зависимости коэффициента  $\kappa_N$  от степени использования мощности двигателя  $U$  для карбюраторных двигателей приведен на рисунке 8.



График зависимости коэффициента  $\kappa_N$  от степени использования мощности двигателя  $U$  для дизельных двигателей приведен на рисунке 9.

Степень использования мощности двигателя  $U$  определяется по формуле

$$U = \frac{N_{\psi} + N_w}{\eta_{mp} \cdot N_e}, \quad (59)$$

где  $N_e$  – мощность двигателя, определяемая по скоростной характеристике, кВт.

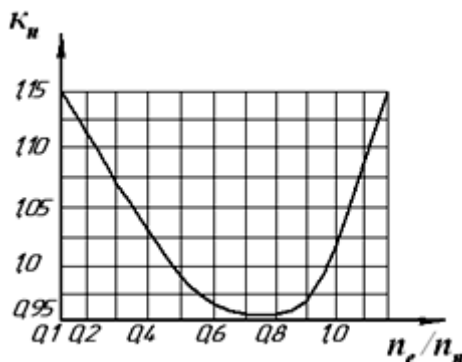


Рис. 7. График зависимости коэффициента  $K_n$  от отношения частоты вращения коленчатого вала двигателя  $n_e/n_n$

Мощность  $N_{\psi}$ , затрачиваемая автомобилем на преодоление силы сопротивления дороги, определяется по формуле (54).

Мощность  $N_w$ , затрачиваемая на преодоление силы сопротивления воздуха, определяется по формуле (55).

При работе с полным использованием мощности ( $U = 1$ ), коэффициент  $\kappa_N$  равен единице.

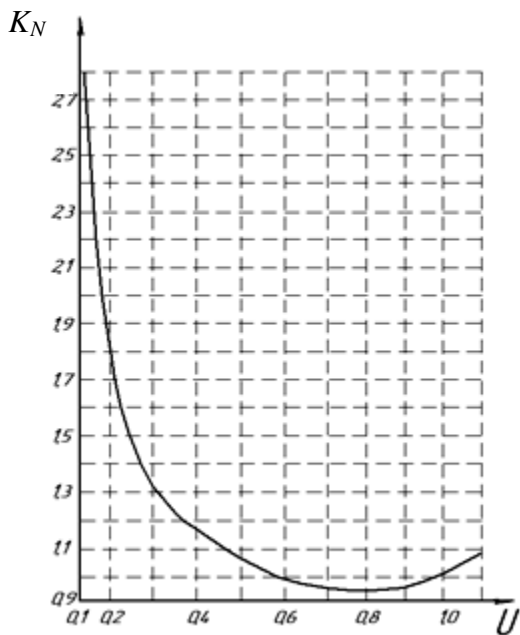


Рис. 8. График зависимости коэффициента  $K_N$  от степени использования мощности двигателя (карбюраторные двигатели)

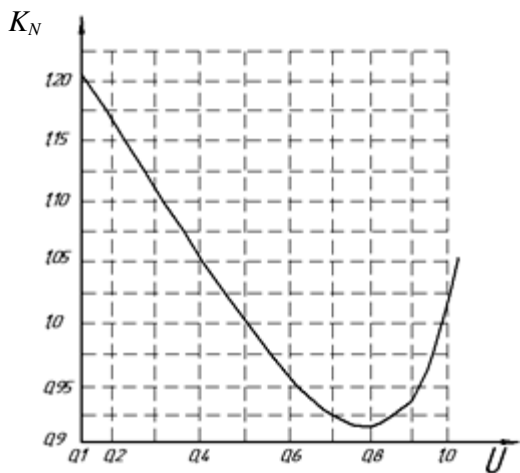


Рис. 9. График зависимости коэффициента  $\kappa_N$  от степени использования мощности двигателя (дизельные двигатели)

Обычно при расчетах  $g_H$  принимается для карбюраторных двигателей равным 330 г/кВт·ч, а для дизельных двигателей  $g_H = 240$  г/кВт·ч.

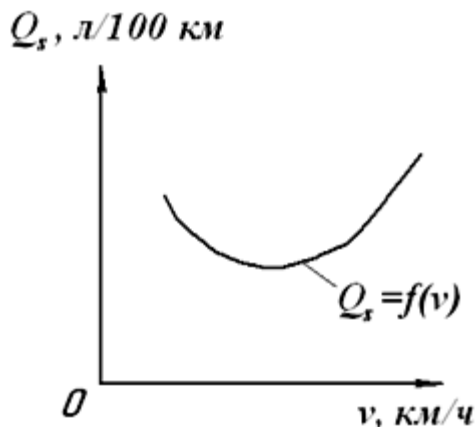
Расчет производится для условий движения автомобиля на прямой передаче по дороге с коэффициентом сопротивления  $\psi = f$ , для тех же значений скоростей, которые использовались при динамическом расчете. Нужно рассчитать 6-8 точек. Необходимые данные берутся из таблицы 2. Результаты расчетов заносят в таблицу 4.

Таблица 4

**Результаты расчета экономической характеристики**

Коэффициент сопротивления дороги	Номер точки	$v$ , км/ч	$n_e/n_n$	$K_n$	$N_e$ , кВт	$\frac{N\psi + N\omega}{\text{кВт}}$	$U$	$K_N$	$Q_s$ , л/100 км
$\psi$	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								

По данным таблицы 4 строится экономическая характеристика автомобиля (рис. 10).



*Рис. 10. 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.

## **5 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТА И ВЫВОДЫ**

После завершения расчетов необходимо провести анализ результатов и сделать выводы. При проведении анализа числовые значения показателей динамических и экономических качеств проектируемого автомобиля сравниваются с соответствующими показателями прототипа. За основные показатели могут быть приняты динамические качества автомобиля (динамический фактор, ускорение, время и путь разгона) и топливная экономичность.

Произведя анализ, надо показать резервы, за счет которых можно улучшить технико-экономические показатели проектируемого автомобиля.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили. – М. : Колос, 2004. – 504 с.
2. Кравец, В. Н. Теория автомобиля : учебное пособие. – Нижний Новгород : НГТУ, 2007. – 368 с.
3. Уханов, А. П. Теория автомобиля в упражнениях и задачах / А. П. Уханов, П. И. Артемов, О. Ф. Пшеничный. – Пенза, 2002. – 300 с.
4. Вахламов, В. К. Автомобили. Теория и конструкция автомобиля и двигателя : учебник / В. К. Вахламов, М. Г. Шатров, А. А. Юрчевский. – М. : Академия, 2003. – 816 с.
5. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: в 2 ч. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – Ч. 1. – 340 с.
6. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: в 2 ч. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – Ч. 2. – 368 с.
7. Богатырев, А. В. Автомобили / А. В. Богатырев, Ю. К. Есеновский-Лашков, М. Л. Насоновский, В. А. Чернышев ; под ред. А. В. Богатырева. – М. : Колос, 2001. – 496 с.
8. Хусаинов, А. Ш. Теория автомобиля. Конспект лекций / А. Ш. Хусаинов, В. В. Селифонов. – Ульяновск : УлГТУ, 2008. – 121 с.

9. Яковлев, М. А. Автомобили (устройство) : учеб. пособие для вузов / М. А. Яковлев. – М. : «Высшая школа», 1971. – 336 с.

10. Петрова , С.С. Методические рекомендации по оформлению курсовых работ и дипломных проектов для агроинженерных специальностей / С.С. Петрова, Г.С. Бухвалов, С.В. Машков и др. – Самара : РИЦ СГСХА, 2010. – 38 с.

11. Литвинов, А. С. Автомобиль: теория эксплуатационных свойств : учебник для вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / А. С. Литвинов, Я. Е. Фаробин. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЯ**

Приложение 1

**Техническая характеристика малотоннажных  
грузовых автомобилей**

Примечание. \* Приведено ориентировочное значение. \*\* Без учета передаточного числа раздаточной коробки.

Параметры	Марки автомобилей			
	ИЖ-2715, ИЖ-27151	ЕрАЗ- 726 В	УАЗ-451М, УАЗ-452	УАЗ-451ДМ, УАЗ-452Д
Грузоподъемность, кг	350+2 ч 400+2 ч	1150	1000/800	1000/800
Максимальная мощность двигателя, кВт	55,2	55,2	55,2	55,2
Частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	5800	4000	4000	4000
Собственная масса автомобиля, кг	1100/1050	1475	1540/1720	1510/1670
Полная масса, кг	1590	2625	2700/2670	2660/2620
База автомобиля, мм	2400	2700	2300	2300
Координата ц.т. продольная, мм			1100*	1100
Координата ц.т. вертикальная, мм			750*	750
Высота пола платформы над землей, мм	530	1385	770/720	1010
Ширина колеи передних колес, мм				
Ширина колеи задних колес, мм	1237	1420	1442	1442
Габаритные размеры:				
длина, мм	4100	5030	4360	4460
ширина, мм	1600	1790	1940	2044
высота, мм	1760/1470	2180	2070/2090	2070
Нагрузка (без учета массы груза):				
на переднюю ось, кг	580/570	880	860/680	850/660
на заднюю ось, кг	520/480	590	990/730	925/745
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	2,1/1,8	3,05	2,9/3,0	2,9
Радиус качения колес, мм	300*	320	360	360
Максимальная скорость, км/ч	115	110	95	95
Общие передаточные числа трансмиссии на:				
1-й передаче	14,72	14,20	21,11	21,11**
2-й передаче	8,60	8,05	13,53	13,53**
3-й передаче	5,61	4,55	8,10	8,10**
4-й передаче	4,22	-	5,125	5,125**
Передаточное число главной передачи	4,22	4,55	5,125	5,125

Приложение 2

## Техническая характеристика



## переднеприводных легковых автомобилей

Наименование параметра	Модель автомобиля				
	«Деу-Нексия»	ВАЗ-21099	ВАЗ-21102	ВАЗ-21103	ВАЗ-21108
Число мест	5	5	5	5	5
Снаряженная масса, кг	969	920	1020	1030	1100
Полная масса, кг	1404	1370	1495	1505	1575
Максимальная скорость, км/ч	163	154	167	185	185
Время разгона до 100 км/ч, с	14,6	13,5	14,0	12,5	13,0
Расход топлива, л/100км, 90/120/ГЦ*	5,1/6,3/9,3	5,6/7,7/8,9	5,2/6,6/8,9	5,2/6,5/8,8	5,2/6,5/8,8
Мощность, кВт (DIN) при частоте, мин <sup>-1</sup>	55/5400	51,5/5600	58/4800	68/5600	68/5600
Максимальный крутящий момент, Н·м при частоте мин <sup>-1</sup>	123 3200...3400	106,4 3400	115 2800...3000	128 3700	128 3700
Длина, мм	4482	4205	4265	4265	4440
Ширина, мм	1662	1650	1680	1680	1680
Высота, мм	1393	1402	1420	1420	1420
База, мм	2520	2460	2492	2490	2665
Коляса передних/задних колес, мм	1400/1406	1400/1370	1400/1370	1400/1370	1400/1370
Дорожный просвет, мм	160	160	160		
Коэффициент аэродинамического сопротивления				0,300	0,347

Примечание.\* 90/120/ГЦ – расход топлива при 90км/ч, 120 км/ч и в городском цикле (ГЦ).

Приложение 3

**Общие сведения о грузовых автомобилях и тягачах**

<i>Модель</i>	<i>Колесная формула</i>	<i>Полная масса автомобиля (автопоезда), т</i>	<i>Номинальная мощность, л. с.</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b><i>Бортовые</i></b>			
ГАЗ-33021 «Газель»	4×2	3,5	90
ГАЗ-33021 фургон изотерм	4×2	3,5	90
ГАЗ-3309 бортовой	4×2	8,1	116
ЗИЛ-5301 бортовой	4×2	6,95	105
ЗИЛ-432900	4×2	11,0	105
ЗИЛ-433100	4×2	11,75	185
ЗИЛ-433110	4×2	11,75	150
ЗИЛ-433102 шасси	4×2	11,75	185
ЗИЛ-33360	4×2	11,0	150
ЗИЛ-433420	6×6	11,17	170
ЗИЛ-133Г40	6×4	17,8	185
КамАЗ-5320	6×4	15,31	220
КрАЗ-6510	6×4	24,88	240
МАЗ-5516	6×4	28,7	300
МАЗ-55165	6×6	28	330
«Урал-5557-10»	6×6	16,3	180
<b><i>Седельные тягачи</i></b>			
ЗИЛ-442100	4×2	10,3 (18,3)	185
ЗИЛ-442160	4×2	10,3 (14,4)	150
ЗИЛ-442300	4×2	10,3(18,3)	185
ЗИЛ-13305	6×4	17,7 (25,8)	200
КамАЗ-5410	6×4	18,33(34)	220
КамАЗ-54112	6×4	19 (34)	220
КрАЗ-6444	6×4	23,5 (55)	240
КрАЗ-260 В	6×6	21,48	300
МАЗ-54321	4×2	16(40)	360
МАЗ-54323-32	4×2	16 (38)	300
КамАЗ-53212	6×4	18,23	220
КамАЗ-43101	6×6	15,5	220
КрАЗ-260	6×6	21,47	300
МАЗ-63Q31	6×4	24	360
«Урал-4320-10»	6×6	13,3	180
«Урал-4320-31»	6×6	13,3	240
<b><i>Самосвалы</i></b>			
КамАЗ-55111	6×4	22,2	220
КамАЗ-55102	4×2	15,5 (27)	220

Приложение 4

## Техническая характеристика грузовых автомобилей

Параметры	Марки автомобилей						
	ГАЗ-66	ГАЗ-52-04	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	КамАЗ-5320	МАЗ-500	УРАЛ-377
1	2	3	4	5	6	7	8
Грузоподъемность, кг	2,0	2,5	4,0	5,0	8,0	7,5	7,5
Максимальная мощность двигателя, кВт	84,6	55,1	84,6	102,9	154,4	132,4	132,4
Частота вращения коленчатого вала двигателя при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	3200	2900	3200	3100	2600	2100	3200
Коэффициент приспособляемости двигателя	1,12	1,11	1,11	1,15	1,10*	1,09	1,10*
Собственная масса автомобиля, кг	3470	2520	3250	4300	7080	6500	7225
Полная масса, кг	5800	5170	7400	9525	15305	14225	14950
База автомобиля, мм	3300	3700	3700	3800	3690+1320	3850	3525+1400
Координата ц.т. продольная, мм	2030	1740	1750	1800	2340	1850	1800*
Координата ц.т. вертикальная, мм	820	830	820	800	770*	900	910"
Высота пола платформы над землей, мм	1550	1260	1350	1430	1370	1450	1530
Ширина колеи передних колес, мм	1800	1577	1630	1800	2010	1950	2020
Ширина колеи задних колес, мм	1750	1650	1690	1790	1850	1900	2020
Габаритные размеры:							
длина, мм	5805	5708	6395	6675	7435	7250	7611
ширина, мм	2322	2200	2380	2500	2500	2500	2500
высота, мм	2400	2150	2220	2400	3340	2720	2560
Нагрузка (без учета массы груза):							
на переднюю ось, кг	2140	1220	1460	2120	3320	3300	3360
на заднюю ось, кг	1330	1300	1790	2180	3760**	3200	3865**
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	4,4	3,2	3,6	4,1	5,08	5,0	5,17
Радиус качения колес, мм	470	436	470	480	470*	530	610*
Момент инерции массы колес, Н·с <sup>2</sup> ·м	7,5	7,5	8,37	13	21,7*	27	29*

Окончание прил. 4

1	2	3	4	5	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---	---

Момент инерции массы вращающихся частей двигателя, Н·с <sup>2</sup> ·м	0,28	0,5	0,28	0,62	3,1*	2,4	0,8*
Максимальная скорость, км/ч							
Общие передаточные числа трансмиссии на:							
1-й передаче	44,3	42,7	44,3	48,0	низш: 46,5 вышш: 37,8	47,6	54,9
2-й передаче	21,05	20,06	21,05	26,4	24,0 19,5	26,1	30,3
3-й передаче	11,69	11,30	11,69	14,8	14,8 12,1	13,8	15,9
4-й передаче	6,83	6,67	6,83	9,5	9,1 7,43	7,73	8,9
5-й передаче	-	-	-	6,45	5,9 4,85	5,46	6,9
Передаточное число главной передачи	6,83	6,67	6,83	6,45	5,94; 7,22 6,53	7,73	8,9

Примечание.\* Приведено ориентировочное значение.

\*\* У автомобилей с колесной формулой 6×4 нагрузка приведена на тележку.

\*\*\* В зависимости от передаточного числа главной передачи (передаточные числа трансмиссии приведены для передаточного числа главной передачи 5,94).

Координаты центра тяжести приведены для собственной массы автомобиля.

## Приложение 5

### Техническая характеристика переднеприводных легковых автомобилей

Наименование параметра	ВАЗ-2109	АЗЛК-2141 «Москвич»	АЗЛК-21412 «Алеко»	ЗАЗ-1102 «Таврия»	ВАЗ-1111 «Ока»
1	2	3	4	5	6
Тип кузова	Несущий двухобъемный				
	Пятидверный			Трехдверный	
Количество мест, включая водителя	5	5	5	4 - 5	4
Масса снаряженного автомобиля (собственная масса), кг	915	1070	1080	710	635
Габаритные размеры, мм:					
длина	4006	4350	4350	3708	3200
ширина	1620	1690	1690	1554	1420

Продолжение прил. 5

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

высота в ненагруженном состоянии	1402	1400	1400	1410	1400
Минимальный дорожный просвет под нагрузкой, мм	160	165	165	162	150
Наименьший радиус поворота по оси следа внешнего переднего колеса, м	5	5	5	5	4,6
Время разгона с места с переключением передач до 100 км/ч с полной массой автомобиля, с	19	16,7	19,7	20	36
Максимальная скорость движения, км/ч	148	153	145	140	115
Максимальный подъем, преодолеваемый автомобилем с полной массой без разгона на первой передаче, %	34	30	30	36	30
Тормозной путь с полной массой на сухом ровном асфальтированном шоссе со скоростью 80 км/ч на горизонтальном участке, м - при применении рабочей тормозной системы	38	43,2	43,2	43,2	38
- при применении запасной тормозной системы (одного из контуров)		85	50 (для контура, включающего большие рабочие цилиндры передних колес)		
Расход топлива при городском цикле езды, л/100 км	8,6	9,9	9,8	6,8	6,0
Модель двигателя	ВАЗ-2108	2106-70	331,10	МеМЗ-245	ВАЗ-1111

Окончание прил. 5

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

Тип двигателя	Четырехтактный, карбюраторный, с верхним расположением распределительного вала и клапанного механизма				
Число и расположение цилиндров	Четыре вертикально в ряд		Четыре в ряд под углом 20° к вертикали	Четыре в ряд под углом 10° к вертикали	Два вертикально в ряд
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	76×71	79×80	82×70	72×67	76×71
Рабочий объем, л	1,300	1,569	1,478	1,091	0,649
Степень сжатия	9,9	8,5	9,5	9,5	9,9
Номинальная мощность, кВт (л.с.), при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	47,0 (63,7) при 5600	56,3 (76,4) при 5400	52,9 (72) при 5500	37,5 (51) при 5200-5500	21,5 (29,3) при 5600
Максимальный крутящий момент, Н·м (кг·см), при частоте вращения коленчатого вала, мин <sup>-1</sup>	94,7 (9,6) при 3500	121 (12,4) при 3000	105,8 (10,8) при 3200	78,5 (8,0) при 3000-3500	44,1 (4,51) при 3400
Передаточные числа: коробки передач					
1	3,636	3,308		3,454	3,70
2	1,950	2,050		2,056	2,06
3	1,357	1,367		1,333	1,27
4	0,941	0,946		0,969	0,90
5	0,784	0,732		0,828	-
Задний ход	3,530	3,357		3,358	3,67
Главная передача	3,940	3,900		3,588	4,54

Приложение 6

**Техническая характеристика легковых**

## заднеприводных и полноприводных автомобилей

Параметры	Марки автомобилей					
	АЗ-968М	ВАЗ-2106	АЗЛК-2140	ГАЗ-3102	ВАЗ-2121	УАЗ-469
1	2	3	4	5	6	7
Пассажировместимость, чел.	4	5	4/5	5	4/5	4/5
Масса багажа, кг	40	50	50	50	120	400
Максимальная мощность двигателя, кВт	30,2	58,8	55,2	77,2	58,8	55,2
Частота вращения коленвала при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	4200-4400	5400	5800	4750	5400	4000
Масса, кг						
собственная	840	1045	1045	1470	1150	1650
полная	1160	1445	1445	1870	1550	2450
База автомобиля, мм	2160	2424	2400	280	2200	2380
Ширина колеи, мм						
передних колес	1240	1365	1270	1484	1430	1442
задних колес	1226	1321	1270	1423	1400	1453
Габаритные размеры:						
длина, мм	3765	4116	4250	4960	3720	4025
ширина, мм	1570	1611	1550	1846	1680	1785
высота, мм	1400	1440	1480	1476	1640	2050
Нагрузка (без пассажиров), кг:						
на переднюю ось	320	560	560	780	680	890
на заднюю ось	520	485	485	690	470	760
Площадь лобового сопротивления, м <sup>2</sup>	1,71*	1,81*	1,79*	2,12*	2,1*	2,85*
Радиус качения колес, мм	290	300	300	336	330	353
Максимальная скорость, км/ч	118	154	142	152	132	100
Общие передаточные числа трансмиссии на:						
1-й передаче	15,67	13,28	13,61	13,65	13,93	22,16**
2-й передаче	8,74	8,12	7,96	8,81	8,56	14,20**
3-й передаче	5,78	5,29	5,19	5,65	5,55	8,50**
4-й передаче	3,96	4,10	3,90	3,90	4,30	5,38**
Передат. число главной передачи	4,125	4,10	3,90	3,90	4,30	5,38***

Примечание.\* Приведено ориентировочное значение. \*\* Без учета передаточного числа раздаточной коробки. \*\*\* С учетом передаточного числа колесного редуктора ( $i_p - 1,94$ ).

Приложение 7

### Коэффициент снаряженной массы грузовых автомобилей

№	Марка автомобиля	Коэффициент снаряженной массы
1	УАЗ-451Д	1,88
2	ГАЗ-51А	1,085
3	ГАЗ-53Ф	1,05
4	ГАЗ-53А	0,813
5	ЗИЛ-164	0,95
6	ЗИЛ-130	0,86
7	Урал-377	0,97
8	МАЗ-500	0,825
9	УАЗ-69	3,05
10	УАЗ-452Д	2,0
11	ГАЗ-63	1,6
12	ГАЗ-66	1,75
13	ЗИЛ-157К	1,23
14	ЗИЛ-131	1,91
15	Урал-375Д	1,6
16	МАЗ-502	1,925
17	КрАЗ-214	1,76

## Приложение 8

### Показатели обтекаемости автомобилей при нормальных атмосферных условиях ( $T_0 = 293 \text{ К}$ , $P_0 = 101325 \text{ кПа}$ )

Модель автомобиля (автопоезда)	Коэффициент обтекаемости*, $K, \text{ Н}^2 \text{ м}^4$	Площадь лобового сопротивления, $F,$ $\text{м}^2$	Фактор обте- каемости, $(kF),$ $\text{Н с}^2 \text{ м}^{-2}$
1	2	3	4
<i>1. Легковые автомобили</i>			
ЗАЗ-968	0,30	1,7	0,51
ЗАЗ-1102	0,23	1,6	0,37
ВАЗ-2101 (03; 06)	0,33	1,8	0,59
ВАЗ-2105	0,34	1,8	0,61
ВАЗ-2108	0,25	1,9	0,48
ВАЗ-2121	0,24	2,2	0,53
ВАЗ-2109	0,29	1,89	0,55
ВАЗ-2110	0,21	1,96	0,41
АЗЛК-412	0,32	1,8	0,58
АЗЛК-2141	0,22	1,9	0,42
ГАЗ-3102	0,23	2,3	0,53
УАЗ-469	0,38	3,4	1,29

Окончание прил. 8

1	2	3	4
---	---	---	---



<b>2. Грузовые автомобили</b>			
ИЖ-2715	0,32	2,1	0,67
ГАЗ-53	0,61	3,8	2,31
ГАЗ-3305	0,81	4,1	3,32
ГАЗ-4509	0,68	4,5	3,06
ЗИЛ-130	0,54	5,1	2,75
ЗИЛ-4331	0,66	5,2	3,43
ЗИЛ-4331 + борт. прицеп	1,00	5,9	5,90
ЗИЛ-431410	0,53	5,1	2,70
ЗИЛ-131	0,64	5,4	3,46
МАЗ-500А (крытый тентом)	0,45	8,5	3,83
МАЗ-5335	0,46	5,4	2,50
МАЗ-500А	0,64	6,0	3,84
МАЗ-516 (крытый тентом)	0,49	8,5	4,16
МАЗ-5336	0,67	8,4	5,63
МАЗ-5336+887 (с тентом)	0,79	8,3	6,56
МАЗ-6422+9491	1,04	9,0	9,36
КамАЗ-5320	0,68	6,9	4,69
КамАЗ-5511	1,04	6,0	6,24
КамАЗ-5410+9370	0,87	7,9	6,87
КамАЗ-5410+9491	1,04	9,0	9,36
Урал-375Д	0,71	6,2	4,40
КрАЗ-256	0,59	6,4	3,78
КрАЗ-255Б	0,70	7,1	4,97
КрАЗ-6505	0,98	6,7	6,57
<b>3. Автобусы</b>			
РАФ-2203	0,27	3,6	0,97
КАВЗ-685	0,32	5,9	1,89
ПАЗ-672	0,30	5,3	1,59
ПАЗ-3202	0,39	5,3	2,07
ЛАЗ-695Е	0,25	6,3	1,58
ЛАЗ-695Н	0,38	6,3	2,39
ЛАЗ-699	0,37	6,3	2,33
ЛиАЗ-677	0,46	6,5	3,00

Примечание.\*Коэффициент обтекаемости легковых автомобилей: 0,20-0,35  $\text{H}\cdot\text{c}^2\cdot\text{м}^{-4}$ ; грузовых автомобилей: 0,5-0,8  $\text{H}\cdot\text{c}^2\cdot\text{м}^{-4}$ ; автопоездов: 0,55-1,05  $\text{H}\cdot\text{c}^2\cdot\text{м}^{-4}$ ; автобусов: 0,25-0,50  $\text{H}\cdot\text{c}^2\cdot\text{м}^{-4}$ .

Приложение 9

## Средние значения коэффициента сопротивления воздуха по типам автомобилей

<i>Тип автомобиля</i>	<i>Коэффициент сопротивления воздуха</i>
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

### Приложение 10

## Показатели динамических характеристик автомобилей

<i>Модель АТС</i>	<i>Максим. скорость, <math>V_{max}</math>, км/ч</i>	<i>Коэф. суммарн. сопротивл. дороги при <math>V_{max}</math> <math>\psi_{max}</math></i>	<i>Максим. динамич. фактор при <math>V_{max}</math></i>	<i>Критическая скорость, <math>V_K</math>, км/ч</i>	<i>Максим. динамич. фактор, <math>D_{max}</math></i>	<i>Скорость движения при <math>D_{max}</math>, км/ч</i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>
<i>Легковые</i>						
ЗАЗ-966	120	0,024	0,08	50	0,37	17
ВАЗ-2101	140	0,025	0,065	60	0,3	22
Москвич-412	140	0,037	0,07	60	0,35	23
Волга-М-24	145	0,025	0,10	65	0,4	20
<i>Грузовые</i>						
УАЗ-451Д	95	0,032	0,067	60	0,26	20
ГАЗ-53А	85	0,022	0,045	58	0,34	9
ЗИЛ-130	90	0,018	0,043	48	0,36	5
Урал-377*	75	0,017	0,038	45	0,33	6
КамАЗ-5320	85	0,015	0,037	50	0,35	6
КрАЗ-257	70	0,02	0,036	43	0,3	6
ЗИЛ-131*	80	0,013	0,018	40	0,57	5

Примечание. \* Высшая ступень в раздаточной коробке.

### Приложение 11

## Показатели карбюраторных и дизельных двигателей

Марка двигателя	Литраж, л	Тип	Максимальная мощность, кВт		Частота вращения при максимальной мощности, мин <sup>-1</sup>	Максимальный крутящий момент, Н·м	Частота вращения при максимальном моменте, мин <sup>-1</sup>	Коэффициент приспособляемости по нагрузке, $K_m$	Коэффициент приспособляемости по частоте, $K_n$	Коэффициенты			Удельный расход топлива, г/кВт·ч	
			$a$	$b$						$c$	Минимальный, $g_e$	При макс. мощности $g_e(N_e)$		
MeM3-968	1,197	K4P	29,4	4,3	74,5	2,8	1,14	1,54	0,65	1,5	1,15	327,3	405	
BA3-2105	1,295	K4P	50,7	5,6	94,1	3,4	1,09	1,65	0,88	0,69	0,57	2993	340	
4087	1,36	K4P	36,8	4,75	91,2	2,97	1,23	1,6	0,58	2,07	1,65	326,4	390	
451M	2,445	K4P	55,2	4	166,7	235	1,26	1,7	0,72	1,83	1,35	312,8	340	
ГАЗ-52-04	3,48	K6P	55,2	2,80	205,9	1,5	1,09	1,87	0,97	0,46	0,43	340	360	
ЗМЗ-66	4,25	K8V	88,6	3,3	284,4	2,25	1,16	1,47	0,44	2,12	1,56	306	326	
ГАЗ-14	5,53	K8V	161,8	4,2	451,1	2,75	1,23	1,53	0,41	2,5	1,91	272	292	
ЗИЛ-130	6	K8V	110,3	33	402	1,9	1,22	1,68	0,75	1,59	1,34	321	355	
ЗИЛ-375	7	K8V	132,4	3,2	465	1,9	1,18	1,68	0,80	13	1	321	355	
КамАЗ-740	10,85	D8V	154	2,6	637	1,7	1,13	1,53	0,68	1,38	1,06	224	244	
ЯМЗ-236	11,15	D6V	132,4	2,1	666,7	13	1,107	1,4	0,44	1,87	131	223	240	
ЯМЗ-238	14,84	D8V	176,5	2,1	882,6	1,5	1,09	1,4	0,48	1,73	1,21	223	240	
ЯМЗ-240	22,3	DI2V	264,8	2,1	1274,8	1,5	1,061	1,4	0,68	1,07	0,75	223	240	

Примечание. 1. K4P — карбюраторный, четырехцилиндровый, рядный; D6V — дизельный, шестицилиндровый, V-образный. 2. Для остальных марок дизелей можно принять:  $a=0,5$ ;  $b = 1,6$ ;  $c = 1,1$ .

### Коэффициенты сопротивления качению автомобильных шин

<i>Вид опорной поверхности</i>	<i>Состояние опорной поверхности</i>	<i>Коэффициент <math>f</math></i>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Асфальтобетонное шоссе	хорошее	0,012-0,018
Гравийно-щебеночная дорога	хорошее	0,020-0,025
Бульжная мостовая	хорошее	0,025-0,030
Грунтовая дорога	сухая укатанная после дождя	0,025-0,035 0,050-0,150
Песок	сухой сырой	0,150-0,300 0,060-0,150
Снег	укатанный влажный	0,030-0,050 0,180-0,250
Лед	-	0,015-0,030

### Приложение 13

#### Коэффициент сопротивления качению при движении груженых автомобилей по асфальтобетонному покрытию при различных скоростях

<i>Модель автомобиля</i>	<i>Коэффициент сопротивления качению</i> $f_v = f_o + K_f v^2$			
	$f_o$	$K_f \cdot 10^{-6}$	$f_{40}$	$f_{80}$
ГАЗ-3102	0,0104	0,546	0,0112	0,0139
АЗЛК-2140	0,0136	0,23	0,0139	0,0151
ВАЗ-2106	0,0140	0,43	0,0147	0,0168
ГАЗ-53	0,0098	0,31	0,0103	0,0118
ЗИЛ-130	0,0105	0,30	0,0110	0,0124
ЗИЛ-130+ГКБ-187	0,0082	0,57	0,0091	0,0118
КамАЗ-5320	0,0110	0,30	0,0115	0,0129
КамАЗ-5320+ГКБ-8350	0,0100	0,12	0,0102	0,0108
МАЗ-5325	0,0093	1,25	0,0113	0,0173
МАЗ-5325+МАЗ-8926	0,0115	0,30	0,0120	0,0134

### Приложение 14

## Аэродинамические показатели и размер шин автомобилей

Марки автомобилей	Показатели	
	Коэффициент обтекаемости, $H \cdot c^2 \cdot m^{-4}$	Размер шин, дюйм
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		1100х400-533
ЗИЛ-131	0,882	12-20
ИЖ-2715 (27151)		6,45-13
ЕрАЗ-726В		7-15
УАЗ-451М(452)		8,4-15
УАЗ <sup>^</sup> 51ДМ(452Д)		8,4-15
ЗАЗ-968М «Запоро- жец»		6,15-13
ВАЗ-2106 «Жигули»	0,245	6,45-13
АЗЛК-2140 «Моск- вич»		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  $H \cdot c^2 \cdot m^{-4}$ , грузовых 0,5-0,7  $H \cdot c^2 \cdot m^{-4}$ .

### Сведения о подвесках и шинах грузовых автомобилей

Параметры	ГАЗ-52	ГАЗ-53А	ЗИЛ-130	МАЗ-500А	УАЗ-469	ГАЗ-66	ЗИЛ-131	Урал-375Д
<b>Передна подвеска</b>								
Тип*	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР
Жесткость, кН/м	152,9	180,3	255	398	98	241,1	284,2	323,4
Размер шин, дюйм	220-508	240-508	9,00-20	300-508	8,40-15	12-18	12-20	14-20
Давление в шинах кг/см <sup>2</sup>	3,0	2,8	3,5	5,0	2,0	3,0	3,0	3,2
Жесткость шин, кН/м	951	1000	1260	941	902	784	848	990
<b>Задняя подвеска</b>								
Тип	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР	ЗР
Жесткость основных рессор, кН/м	623	706	706	631	175	192	1078	866
Нагрузка, при которой включаются дополнительные рессоры, т	0,98	1,4	1,5	3,285	-	-	-	-
Жесткость дополнительных рессор, кН/м	132	158	154	514	-	-	-	-
Жесткость шин, кН/м	2117	2391	3171	1882	1000	784	1500	1960
Давление в шинах, кг/см <sup>2</sup>	4,0	4,5	5,0	5,5	2,5	3,0	4,0	3,2

\* Тип подвески; ЗР – зависимая рессорная. Примечание. Значения показателей приведены для полной массы автомобиля.

## Показатели скоростных и разгонных свойств автомобилей

Марка и модель	Максимальная скорость, км/ч	Время разгона, с			Путь выбега (от 60 км/ч), м
		400 м	1000 м	до $v_{зад}^*$	
ЗА3-1102	142,5	20	38	18	555
ВА3-2105	143	20	38	16,5	480
ВА3-2106	150	19,5	37	15	470
ВА3-2108	147	20	37	14,5	555
ВА3-2109	151	19	36,5	15,5	600
М-2141	155	20	37	15	580
ЗИЛ-130	93	34	63	30,5	910
ЗИЛ-4331	95	35	62,7	29,7	945
КамАЗ-5511	81,5	39,5	71,5	43,5	920
КамАЗ-5320+ КГБ-8350	82	45,5	82	64	800
МАЗ-64221+9386	104,5	39,5	72,5	45	1155
МАЗ-64227 + 9389	96	38,5	72,5	45	960

Примечание. \* Для легковых – до 100 км/ч; автобусов и грузовых автомобилей – до 60 км/ч.

Приложение 17

### Время разгона автотранспортных средств до нормативной скорости

Модель АТС	Время разгона, с
<i>1. Легковых автомобилей до 100 км/ч</i>	
ЗА3-968	38
ВА3-2103	19
ВА3-2106	17,5
ВА3-2121	25
М-412	19
ГАЗ-24	22
ГАЗ-14	15
ЗИЛ-117	13
<i>2. Грузовых автомобилей, автопоездов и автобусов до 60 км/ч</i>	
УАЗ-4512ДМ	18
ГАЗ-53А	36
ГАЗ-66	28
ЗИЛ-130	38
КамАЗ-5320	42
Урал-375	55
Урал-377	62
КрАЗ-257	55

Приложение 18

**Распределение массы легковых автомобилей  
на поддресоренные и неподдресоренные части**

<i>Параметры</i>	<i>АЗЛК-412 «Москвич»</i>	<i>ГАЗ-21 «Волга»</i>	<i>ГАЗ-24 «Волга»</i>	<i>ГАЗ-13 «Чайка»</i>	<i>ЗИЛ-114</i>	<i>ВАЗ-2101 «Жигули»</i>
Масса автомобиля, кг:						
без пассажиров	1040	1488	1453	2114	3275	945
с пассажирами	1445	1914	1878	2712	2800	1345
Масса неподдресоренных частей, приходящихся на колеса, кг:						
передние	66	80	80	95	138	58
задние	106	150	150	170	258	92
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (без пассажиров), кг:						
передние	489	698	669	1057	1462	457
задние	379	560	554	792	1417	338
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (с пассажирами), кг:						
передние	699	874	787	1209	1632	590
задние	574	810	861	1238	1772	605



**Распределение массы грузовых автомобилей  
на поддресоренные и неподдресоренные части**

<i>Параметры</i>	<i>ГАЗ-53А</i>	<i>ЗИЛ-130</i>	<i>МАЗ-500А</i>	<i>ГАЗ-66</i>	<i>ЗИЛ-131</i>	<i>УРАЛ-375</i>
Масса автомобиля, кг:						
без груза	3250	4300	6600	3470	6630	8400
с грузом	7400	9525	14825	5800	11030	13200
Масса неподдресоренных частей, приходящихся на колеса, кг:						
передние	340	475	710	560	935	1200
задние	730	950	1550	525	1560	1950
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (без груза), кг:						
передние	1120	1645	2640	1580	2255	2300
задние	1060	1230	1700	805	1880	2950
Масса поддресоренных частей, приходящихся на колеса (с грузом), кг:						
передние	1480	2100	4115	2170	2695	2700
задние	3800	6000	8450	2545	5120	7350

*Пример оформления титульного листа*

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»**

Кафедра «Тракторы и автомобили»

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

по дисциплине  
«Основы теории и расчета автомобилей»

Тема: «Динамический и топливно-экономический  
расчет автомобиля \_\_\_\_\_»  
*модель, марка*

Выполнил:  
студент \_\_\_\_\_ курса  
группы \_\_\_\_\_  
специальности (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 20\_\_\_\_

Приложение 21

### Пример оформления реферата

ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА  
Кафедра «Тракторы и автомобили»

**ЗАДАНИЕ**  
на курсовой проект по дисциплине  
«Основы теории и расчета автомобилей»

студенту \_\_\_\_ группы \_\_\_\_ курса инженерного факультета \_\_\_\_\_ (ФИО)

Тема: « Динамический и топливно-экономический расчет автомо-  
биля \_\_\_\_\_ »  
  модель,  марка

- 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 \_\_\_\_\_

Защита \_\_\_\_\_

20\_\_ /20\_\_ уч. год

Приложение 22

## Варианты задания на курсовой проект студентам заочной формы обучения

1	2	3	4	5	6	Автомобиль						
						7	8	9	10	11	12	13
Предпоследняя цифра номера зачетной книжки	Последняя цифра номера зачетной книжки	Прототип	Обороты двигателя, н. мин <sup>-1</sup>	Степень сжатия, ε	Тип двигателя	Автомобиль (прототип)	Грузоподъемность (т) / кол-во мест	V <sub>max</sub> , км/ч	К-т сопр. дороги f	Угол подъема на прямой передаче	Максимальный угол подъема	КПД трансмиссии
Четная	1	ВАЗ-2101	5600	7,7	Р-4К	ВАЗ-2101	5 ч	135	1,9	30	2,1	0,92
	2	КамАЗ-740	2700	16,7	V-8Д	КамАЗ-5320	14 т	110	2,8	7,4	34	0,85
	3	ВАЗ-2105	5550	8,5	Р-4К	ВАЗ-2105	5 ч	135	2,3	4,9	29	0,9
	4	ЗМЗ-402	4200	8	Р-4К	ГАЗ-3110	5 ч	160	2,7	5,7	31	0,91
	5	ЗМЗ-53	3300	7	V-8К	ГАЗ-53	4 т	82	2,8	3	28	0,9
	6	Renault Logan	5500	9,9	Р-4И	Renault Logan	5 ч	130	3	7	30	0,92
	7	МЗМА-407	4600	7,8	Р-4К	Москвич-407	5ч	120	2,5	7,6	29	0,92
	8	УМЗ-412Э	5700	8,7	Р-4К	Москвич-412	5 ч	120	2,5	5,8	29	0,9
	9	ЗиЛ-645	3000	18,1	V-8ДТ	ЗиЛ-433110	5 т	95	3,8	6,1	32	0,87
	0	ЗиЛ-130	3050	6,6	V-8К	ЗиЛ-130	6 т	95	3,3	7,2	34	0,9
Нечетная	1	МЗМА-407	4400	7,3	Р-4К	Москвич-407	5ч	110	2,8	7,2	29	0,92
	2	ВАЗ-2101	5500	8,7	Р-4К	ВАЗ-2101	5 ч	130	2,9	3,2	33,5	0,91
	3	ЗиЛ-645	2800	18,1	V-8ДТ	ЗиЛ-433110	5 т	90	3,1	6,5	32	0,85
	4	ВАЗ-2103	5400	8,7	Р-4К	ВАЗ-2103	5 ч	120	3,2	6,2	30	0,9
	5	ВАЗ-21214	5600	9,6	Р-4И	ВАЗ-21214	5 ч	100	3,2	7,2	33	0,88
	6	КамАЗ-740	2500	16,1	V-8Д	КамАЗ-5320	14 т	100	2,8	7,4	34	0,85
	7	ВАЗ-2111	5550	8,5	Р-4И	ВАЗ-2111	5 ч	100	2,7	5,6	28	0,93
	8	ВАЗ-2112	5600	9,2	Р-4И	ВАЗ-2112	5 ч	110	2,6	5,8	27	0,93
	9	УМЗ-412Э	5500	9	Р-4К	Москвич-412	5 ч	100	2,8	5,9	30	0,9
	0	ЗМЗ-53	3350	6,9	V-8К	ГАЗ-53	4 т	82	2,4	3	28	0,91

## *Пример оформления реферата*

### РЕФЕРАТ

Проект представлен пояснительной запиской и графической частью на листе миллиметровой бумаги формата А1. Пояснительная записка содержит \_\_\_ страниц машинописного текста, включает \_\_\_ таблиц, \_\_\_ рисунков и \_\_\_ наименований использованных источников.

Ключевые слова: двигатель, расчет, автомобиль, динамический, топливно-экономический.

Сокращения, используемые в тексте:

**КПД** - коэффициент полезного действия;

**ДВС** - двигатель внутреннего сгорания;

**КП** - коробка передач;

**ДФ** – динамический фактор;

**РТ** – расход топлива.

В проекте представлен динамический расчет автомобиля

\_\_\_\_\_.

Определены основные топливно-экономические и динамические показатели автомобиля в целом с учетом конкретных параметров эксплуатации, отраженных в задании на курсовой проект.

## Приложение 24

### *Пример оформления оглавления*

#### Оглавление

	стр
Введение.....	2
Оглавление.....	3
Реферат.....	4
1	
1.1	
....	
2	
2.1	
...	
Выводы и предложения.....	31
Список использованной литературы и источников.....	32
Приложения.....	34

Учебное издание

Составители:  
**Мусин Рамиль Магданович**  
**Мингалимов Руслан Рустамович**  
**Быченин Александр Павлович**

## **Динамический и топливно-экономический расчет автомобиля**

Методические указания  
для выполнения курсового проекта

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 15.10.2014 Формат 60×84 1/16  
Усл. печ. л. 3,26, печ. л. 3,5.  
Тираж 30. Заказ №223.

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА  
446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-47  
Факс 46-6-70  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»

Кафедра «Технический сервис»

**С. А. Кузнецов, В. М. Янзин, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев**

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

### **Методические указания**

для выполнения курсового проекта по дисциплине  
«Основы технической эксплуатации автомобилей»

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК 629.113:692(07)  
ББК40.752:40.8Р  
К-89

**Кузнецов, С. А.**

**К-89** Основы проектирования предприятий автомобильного транспорта : методические указания для выполнения курсового проекта по дисциплине «Основы технической эксплуатации автомобилей» / С. А. Кузнецов, В. М. Янзин, Д. С. Сазонов, М. П. Ерзамаев. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 72 с.

В методических указаниях представлена методика определения данных для разработки планировочных решений производственного корпуса и его отдельных помещений, а также организация технологического процесса технического обслуживания и ремонта подвижного состава. Издание предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 190600.62 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014  
© Кузнецов С. А., Янзин В. М.,  
Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П., 2014



## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ.....	5
1 СОДЕРЖАНИЕ, ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	6
2 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ (ТО) И РЕМОНТУ.....	11
2.1 Корректирование норм пробега автомобиля до ТО-1, ТО-2 и капитального ремонта.....	11
2.2 Расчет производственной программы по количеству ежесменных обслуживаний (ЕО), ТО-1, ТО-2, D-1, D-2 и капитальных ремонтов (КР).....	12
3 РАСЧЕТ ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ, ТЕКУЩЕМУ РЕМОНТУ И САМООБСЛУЖИВАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ.....	16
3.1 Корректирование нормативов трудоемкостей.....	16
3.2 Определение годовых объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту.....	17
3.3 Определение годового объема работ по самообслуживанию предприятия.....	17
4 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ЗОНАМ, УЧАСТКАМ, ЦЕХАМ.....	18
4.1 Распределение трудоемкости технических обслуживаний и текущих ремонтов по видам работ, агрегатам, узлам и системам.....	18
4.2 Определение трудоемкости и диагностирования D-1 и D-2.....	20
5 РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ.....	22
5.1 Режим работы зон технического обслуживания и текущего ремонта.....	22
6 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОСТОВ И ЛИНИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСТОВ ДИАГНОСТИКИ, ПОСТОВ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА.....	24
6.1 Расчет числа постов для диагностирования автомобилей.....	24
6.2 Составление технологических карт.....	24
6.3 Выбор метода технического обслуживания и текущего ремонта.....	26
6.4 Расчет числа универсальных постов для технического обслуживания.....	27
6.5 Определение числа постов и линий при поточном обслуживании.....	28
6.6 Расчет числа постов для текущего ремонта.....	31
6.7 Определение числа постов ожидания.....	31
7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	32
8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	34
8.1 Расчет площадей зоны технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей.....	34
8.2 Расчет площадей производственных участков (цехов).....	34
9 РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ СКЛАДСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	36
9.1 Расчет складских помещений по удельным нормам пробега.....	36
9.2 Расчет складских помещений по площади, занимаемой оборудованием.....	37

9.3 Расчет площадей вспомогательных помещений.....	38
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗОНЫ ХРАНЕНИЯ (СТОЯНКИ) АВТОМОБИЛЕЙ.....	40
11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ АДМИНИСТРАТИВНЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	41
11.1 Площади административных помещений.....	41
11.2 Площадь общественных помещений.....	41
11.3 Площади бытовых помещений.....	
12 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БАЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ.....	43
ЗАЩИТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ.....	44
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	45
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	46

## ПРЕДИСЛОВИЕ

На современном этапе развития мировой экономики автомобильный транспорт для большинства развитых стран является основным видом внутреннего транспорта и ключевым элементом транспортной системы, который играет главную роль в обеспечении экономического роста и социального развития.

В большинстве развитых стран автомобильный транспорт развивался опережающими темпами по отношению к другим видам транспорта и отраслям экономики.

В связи с этим необходимо увеличение числа автотранспортных предприятий за счет реконструкции существующих и проектирования новых, отвечающих современным требованиям.

Поэтому **целью курсовой проекта** является определение данных для разработки планировочных решений производственного корпуса и его отдельных помещений, а также организация технологического процесса технического обслуживания (ТО) и ремонта подвижного состава.

**Задачами** курсового проекта является:

- формирование у студентов знаний и навыков определения потребного количества транспортных средств и составления принципиальных планировочных схем размещения объектов предприятия автомобильного транспорта;
- подготовка студентов к самостоятельному решению задач в области проектирования и эксплуатации предприятий автомобильного транспорта;
- обучение студентов навыкам использования руководящей и справочной информации.

Цель написания данных методических указаний – помочь студентам в выполнении разделов курсового проекта при определении данных для разработки планировочных решений производственного корпуса и его отдельных помещений, а также при организации технологического процесса технического обслуживания и ремонта подвижного состава.

# 1 СОДЕРЖАНИЕ, ПОРЯДОК СОСТАВЛЕНИЯ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Основанием для выполнения курсового проекта является задание, которое выдают студенту на кафедре «Технический сервис». **Задание прилагается к расчетно-пояснительной записке.**

Задание включает:

- назначение предприятия;
- списочное число автомобилей по моделям;
- списочное число прицепов;
- число рабочих дней АТП за год;
- число рабочих дней зон ТО-2 и текущего ремонта (ТР) за год;
- категория условий эксплуатации автомобилей;
- коэффициент  $K_{см}$  учета планируемой сменности работы производственных зон ТО-2 и ТР;
- природно-климатический район;
- коэффициент учета степени сокращения нормативной трудоемкости ТО и ТР за счет механизации труда ( $K_m$ );
- коэффициент объема работ по самообслуживанию предприятия ( $K_c$ ).

**Примечание.** Вместо списочного состава может быть указан годовой объем перевозок, численность населения в обслуживаемом городе, районе и др.

По каждому автомобилю или прицепу:

- модель автомобиля и количество эксплуатируемых с ним прицепов, или модель прицепа;
- пробег с начала эксплуатации  $L_{об.км}$ ;
- среднесуточный пробег  $L_{сс.км}$ ;
- длина ездки (для самосвалов), км;
- прохождение капитального ремонта: да (+), нет (-);

- периодичность мойки  $D_m$ , в днях;
- продолжительность доставки автомобиля на авторемонтное предприятие и обратно,  $D_o$ , в днях;
- число дней работы автомобиля или прицепа в году.

**Примечание.** Вместо среднесуточного пробега может быть задано среднее время в наряде, средняя длина груженой ездки. При выполнении проекта по реконструкции существующего АТП исходные данные берутся из отчетных данных этого предприятия.

Курсовой проект делится на две части – пояснительная записка и графическая часть.

### **Оформление пояснительной записки**

В пояснительной записке кратко, понятно и исчерпывающе излагается содержание и обоснование курсового проекта в соответствии с заданием.

Текст работы 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. Название раздела необходимо располагать по центру строки без точки в конце, без подчеркивания, отделяя от текста тремя межстрочными интервалами.

Страницы работы нумеруют арабскими цифрами. На титульном листе номер не ставится, но включается в общую нумерацию проекта. На страницах номер проставляют в центре нижней части листа без точки.

Иллюстрации обозначаются «Рис.» и нумеруются последовательно арабскими цифрами сквозной нумерацией.

Таблицы располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминается впервые или на следующей странице. Нумерация таблиц может

быть сквозной по всему тексту в пределах раздела или работы. Порядковый номер таблицы проставляется в правом верхнем углу над ее названием после слова «Таблица». Тематический заголовок таблицы размещается над таблицей и выравнивается по центру строки, точка в конце заголовка не ставится. Таблицы, имеющие много граф, печатаются в альбомной ориентации на отдельной странице.

Формулы приводятся сначала в буквенном выражении, затем дается расшифровка входящих в них индексов, величин в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Нумерация уравнений и формул должна быть сквозной по всему тексту. Номер указывают с правой стороны листа на уровне формулы в круглых скобках.

В курсовом проекте 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.

Состав пояснительной записки должен быть следующим.

*Титульный лист.*

*Задание на курсовое проектирование.*

*Реферат.*

*Оглавление.*

*Введение.*

*Основная часть*

- 1. Расчет производственной программы по ТО и ремонту.*
- 2. Расчет годовых объемов работ по ТО, ТР и самообслуживанию предприятия.*
- 3. Распределение годовых объемов работ по производственным зонам, участкам, цехам.*
- 4. Расчет численности производственных и вспомогательных рабочих.*
- 5. Расчет количества универсальных постов и линий обслуживания постов диагностики, постов текущего ремонта.*
- 6. Определение необходимого технологического оборудования.*

7. *Определение площадей производственных помещений.*

8. *Расчет площадей складских и вспомогательных помещений.*

9. *Определение площади зоны хранения (стоянки) автомобилей.*

10. *Определение площадей административных, общественных и бытовых помещений.*

11. *Особенности технологического расчета баз централизованного технического обслуживания и ремонта автомобилей.*

*Выводы и предложения.*

*Список использованной литературы и источников.*

*Приложения.*

*Титульный лист* оформляют по образцу, приведенному в приложении 1.

*Задание* содержит исходные данные для выполнения курсового проекта, оформляется руководителем (прил. 2).

*Реферат* – краткое точное изложение содержания курсового проекта, включающее основные фактические сведения и выводы. Рекомендуемый объем текста реферата 1 печатная страница (прил. 3).

*Оглавление* размещают после реферата. В нем перечисляют номера и названия всех глав, параграфов и указывают номера страниц, с которых они начинаются (прил. 4).

*Введение* в объеме 1-2 страниц должно освещать состояние и перспективы развития автомобильного транспорта и организации его технического обслуживания, цель и задачи курсового проекта, состав курсового проекта.

*Основная часть* должна содержать 11 разделов. При оформлении разделов необходимо записывать все промежуточные вычисления. После формулы записывается расшифровка всех её буквенных обозначений, после чего в формулу подставляются численные значения. Каждый раздел должен содержать таблицы и их краткое описание.

*Выводы и предложения* должны содержать выводы по результатам курсового проекта. Должны быть 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 указываются в квадратных скобках.

Все описания в списке должны быть составлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003 «Библиографическое описание документа. Общие требования и правила сокращения».

*Приложения* оформляются как продолжение работы. Приложение начинается с новой страницы и имеет заголовок с указанием вверху страницы слова «Приложение».

### **Оформление графической части курсовой работы**

Графическая часть работы содержит два листа формата А1:

1 лист – графики проведения технических обслуживаний и ремонтов;

2 лист – операционно-технологическая карта проведения технического обслуживания.

Чертежи выполняются карандашом или с применением печатающих и графических устройств. Они должны соответствовать требованиям ЕСКД.

На всех листах графической части в правом нижнем углу должна располагаться основная надпись. Основная надпись должна быть заполнена в соответствии с ГОСТ 2.104–2006.



## **2 РАСЧЕТ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРОГРАММЫ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ**

Для определения годовой трудоемкости каждого обслуживания и численности рабочих производится расчет производственной программы по количеству ежесменных обслуживаний (ЕО), ТО-1, ТО-2 и капитальных ремонтов (КР).

### **2.1 Корректирование норм пробега автомобиля до ТО-1, ТО-2 и капитального ремонта**

Периодичность ЕО равна среднесуточному пробегу, обычно выполняется водителем (кроме уборочно-моечных работ). При расчете производственной программы учитывается периодичность только уборочно-моечных работ  $L_m$ :

$$L_m = L_{cc} \cdot D_m,$$

где  $D_m$  – средняя периодичность мойки автомобилей; для автобусов и такси  $D_m = 1$  дн., для грузовых  $D_m = 2...4$  дн.,  $L_{cc}$  – среднесуточный пробег, км.

Периодичность ТО-1 ( $L_1$ ) и ТО-2 ( $L_2$ ):

$$L_1 = L_1^H \cdot K_1 \cdot K_3,$$

$$L_2 = L_2^H \cdot K_1 \cdot K_3,$$

где  $L_1^H$  – нормативные периодичности ТО-1 и ТО-2 (табл. П.5.1), км;  $K_1$  – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от условий эксплуатации (табл. П.5.2);  $K_3$  – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от природно-климатических условий (табл. П.5.4).

Пробег автомобиля до капитального ремонта

$$L_1 = L_{кр}^H \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

где  $L_{кр}^н$  – норма пробега автомобиля до капитального ремонта;  $K_2$  – коэффициент корректирования нормативов в зависимости от модификации подвижного состава и организация его работа (табл. П.5.3).

Если результирующий коэффициент корректирования пробега до КР ( $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ ) получится меньше 0,5, то в расчетах его принимают равным 0,5, капитальный ремонт не планируют.

В связи с повышением надежности выпускаемых автомобилей в технологическом расчете допустимо увеличение межремонтного пробега новых моделей автомобилей до 25% выше норм, приведенных в таблице П.2.1.

Периодичность ТО-1, ТО-2 и пробег до КР должны быть кратными среднесуточному пробегу.

Для удобства расчеты по корректированию следует свести в таблицу 1.

Таблица 1

Пробеги автомобилей до ТО-1, ТО-2 и КР после корректирования

Вид воздействия	Обозначение пробега	Пробеги, км		
		скорректированные по коэффициентам	скорректированные по кратности	принятые для расчета
	$L_{cc}$ $L_1$	$L_{кр}^н \cdot K_1 \cdot K_3 = 2800 \cdot 0,8 \cdot 1 = 2240$		

**Примечание.** Если для автомобилей не предусматривается КР автомобиля (например, КамАЗ), то планируется только КР агрегатов. При этом производственный простой в КР не определяется.

## 2.2 Расчет производственной программы по количеству ЕО, ТО-1, ТО-2, Д-1, Д-2 и КР

Для расчета производственной программы по количеству обслуживаний можно применять различные методики. Наиболее распространенная основана на цикле, т.е. на пробеге до КР.

Количество обслуживаний по одному автомобилю за цикл

$$N_{кр} = \frac{L_u}{L_{кр}};$$

$$N_2 = \frac{L_u}{L_2} - N_{кр};$$

$$N_1 = \frac{L_u}{L_1} - (N_2 + N_{кр});$$

$$N_m = \frac{L_u}{L_m};$$

$$N_{eo} = \frac{L_u}{L_{eo}} - (N_1 + N_2 + N_{кр});$$

где  $N_{кр}, N_2, N_1, N_m, N_{eo}$  – количество соответственно капитальных ремонтов, ТО-2, ТО-1, уборочно-моющих операций и ежемесячных обслуживаний;  $L_u$  – пробег за цикл, км:  $L_u = L_{кр}$ .

Переводной коэффициент от числа обслуживаний за цикл к годовому числу.

$$\eta_z = \frac{D_{z3}^z}{D_u^u} = \frac{D_u^z \cdot \alpha_T}{D_{z3}^u},$$

где  $D_{z3}^z$  – число дней в году, когда автомобиль годен к эксплуатации;  $D_u^u$  – число дней за цикл, когда автомобиль годен к эксплуатации;  $D_u^z$  – число рабочих дней автомобиля за год (включая дни работы на линии, дни простоя в ремонте).

$$D_{z3}^u = \frac{L_u}{L_{cc}},$$

$$D_u^z = 365 - D_{mn}^z,$$

где  $D_{mn}^z$  – число дней нормированных простоев автомобиля в год (выходные, праздничные дни и т.д.);  $\alpha_T$  – коэффициент технической готовности автомобиля.

$$\alpha_T = \frac{D_{z3}^z}{D_u^u} = \frac{D_{z3}^u \cdot \alpha_T}{D_{z3}^u + D_p^u},$$

где  $D_u$  – число дней в цикле;  $D_p^u$  – суммарное число дней простоя автомобиля в ТО-2, ТР и КР за цикл.

$$D_p^u = D + D_{кр} \cdot N_{кр} = \frac{d \cdot L_k}{1000} + D_{кр} \cdot N_{кр},$$

где  $D$  – суммарное число дней простоя автомобиля в ТО-2 и ТР за цикл;  $D_{кр}$  – простой автомобиля в капитальном ремонте, дн.

$$D_{кр} + D_{кр}^n \cdot D_{доc},$$

где  $D_{кр}^n$  – норма простоя автомобиля на специализированном предприятии (табл. П.5.1.), дн.;  $D_{доc}$  – транспортировка автомобиля на специализированное предприятие и обратно (в расчетах следует принимать 7...15 дн.);  $d$  – простой автомобиля в ТО-2 и ТР, дн.

$$d = d_n \cdot k'_q \cdot k_{см},$$

где  $d_n$  – норма простоя в ТО-2 и ТР (табл. П.5.1);  $k'_q$  – коэффициент, учитывающий пробег автомобиля с начала эксплуатации.

Количество обслуживаний одного автомобиля за год:

$$N_{кр}^z = N_{кр} \cdot \eta_z;$$

$$N_2^z = N_2 \cdot \eta_z;$$

$$N_1^z = N_1 \cdot \eta_z;$$

$$N_m^z = N_m \cdot \eta_z;$$

$$N_{eo}^z = N_{eo} \cdot \eta_z.$$

Годовая производственная программа по группе автомобилей с однородными нормативными данными:

$$\sum N_{кр} = N_{кр}^z \cdot A_q;$$

$$\sum N_2 = N_2^z \cdot A_q;$$

$$\sum N_1 = N_1^z \cdot A_q;$$

$$\sum N_m = N_m^z \cdot A_q;$$

$$\sum N_{eo} = N_{eo}^z \cdot A_q;$$

где  $A_q$  – число автомобилей в группе (если рассчитывается АТП с одномарочным составом автомобилей, то  $A_q$  – число автомобилей в АТП).

$$N_2^c = \frac{\sum N_2}{D_2};$$

$$N_1^c = \frac{\sum N_1}{D_u^c};$$

$$N_m^c = \frac{\sum N_m}{D_u^c};$$

$$N_{eo}^c = \frac{\sum N_{eo}}{D_u^c};$$

где  $D_2$  – число дней работы зон ТО-2 и ТР в году.

Годовая производственная программа по диагностированию D-1.

$$N_{g1}^c = \sum N_1 + \sum N_2 + N_{\text{трг1}}^c,$$

где  $N_{\text{трг1}}^c$  – годовая программа диагностирования на постах D-1 после ТР.

$$N_{\text{трг1}}^c = 0,1 \cdot \sum N_1.$$

Годовая производственная программа по диагностированию D-2.

$$N_{g2}^c = \sum N_2 + N_{\text{трг2}}^c,$$

где  $N_{\text{трг2}}^c$  – годовая программа диагностирования автомобиля на постах D-2 после ТР.

$$N_{\text{трг2}}^c = 0,2 \cdot \sum N_2.$$

Суточная производственная программа по соответствующему виду диагностики:

$$N_{gi}^c = \frac{N_{gi}^c}{D_{\text{раб.с.}}}.$$

### 3 РАСЧЕТ ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ, ТЕКУЩЕМУ РЕМОНТУ И САМООБСЛУЖИВАНИЮ ПРЕДПРИЯТИЯ

#### 3.1 Корректирование нормативов трудоемкостей

Расчеты годовых объемов работ по ТО и ТР производятся на основании нормативов трудоемкостей ЕО, ТО-1, ТО-2, удельной трудоемкости ТР (табл. П.5.6) и коэффициентов корректирования (табл. П.5.2; 5.3; 5.4; 5.5 и 5.7).

Трудоемкость работ ЕО при применении механизированных моечных установок уменьшается за счет исключения из общей трудоемкости ЕО моечных работ. При механизации других видов работ трудоемкость ЕО также снижается. В расчетах можно использовать коэффициент учета степени сокращения нормативной трудоемкости  $K_M=0,3...1,0$ . При поточном методе производства ТО-1 и ТО-2:  $K_M=0,8...0,9$ . Для ТР  $K_M$  зависит от планируемого уровня механизации ТР.

Трудоемкости ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР, чел.-ч.

$$t_{eo} = t_{eo}^h \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M;$$

$$t_1 = t_1^h \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M;$$

$$t_2 = t_2^h \cdot K_2 \cdot K_5 \cdot K_M;$$

$$t_{тр} = t_{тр}^h \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_M;$$

где  $t_{eo}^h, t_1^h, t_2^h, t_{тр}^h$  – исходные нормативы трудоемкостей ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР, соответственно (табл. П.5.6);  $K_4$  – коэффициент корректирования нормативов удельной трудоемкости ТР в зависимости от пробега с начала эксплуатации (табл. П.5.5);  $K_5$  – коэффициент корректирования нормативов трудоемкости ТО и ТР в зависимости от количества обслуживаемых и ремонтируемых автомобилей на АТС и количества совместимых групп подвижного состава (табл. П.5.7).

Скорректированные трудоемкости обслуживаний свести в таблицу 2.

## Скорректированные трудоемкости обслуживаний

Виды воздействий	Модели подвижного состава	Нормативная трудоемкость, чел.-ч.	Коэффициенты						Скорректированная трудоемкость, чел.-ч.
			$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_m$	

### 3.2 Определение годовых объемов работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту

Годовой объем ЕО, ТС-1, ТО-2 и ТР для группы автомобилей (чел.-ч):

$$T_{eo} = \sum N_m \cdot t_{eo};$$

$$T_1 = \sum N_1 \cdot t_1;$$

$$T_2 = \sum N_2 \cdot t_2;$$

$$T_{тр} = L_{cc} \cdot D_u^2 \cdot \alpha_{т} \cdot t_{тр} \cdot A_u / 1000.$$

Общая трудоемкость всех видов ТО и ТР подвижного состава:

$$T = T_{eo} + T_1 + T_2 + T_{тр}, \text{ чел.-ч.}$$

### 3.3 Определение годового объема работ по самообслуживанию предприятия

В перечень работ по самообслуживанию АТП входят ТО и ремонт технического, энергетического и силового оборудования, инженерных коммуникаций (водопровода, канализации, текущий ремонт зданий, внутрипроизводственные транспортные и погрузочно-разгрузочные работы, а также перегоны автомобилей, изготовление и ремонт нестандартного оборудования, приспособлений и инструмента и др.).

Годовой объем по самообслуживанию предприятия (чел.-ч):

$$T_c = T \frac{K_c}{100},$$

где  $K_c$  – объем работ по самообслуживанию предприятия, %.  $K_c=20...30\%$ .

Меньшее значение принимается для крупных, большее – для малых АТП.

## **4 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВЫХ ОБЪЕМОВ РАБОТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ЗОНАМ, УЧАСТКАМ, ЦЕХАМ**

### **4.1 Распределение трудоемкости технических обслуживаний и текущих ремонтов по видам работ, агрегатам, узлам и системам**

Распределение годовых трудоемкостей ЕО, ТО-1, ТО-2 и ТР по видам работ производится по данным, приведенным в таблице 3. Без конкретизации моделей подвижного состава используются нормативы (табл. П.6.1.1). Примерное распределение трудоемкости ТО-1, ТО-2 и ТР по агрегатам, узлам и системам приведено в таблице П.6.1.2.

Работы по ЕО и ТО-1 выполняются в соответствующих самостоятельных зонах, ТО-2 и ТР (постовые работы) обычно выполняются в общей зоне. Иногда ТО-2 может выполняться на линии ТО-1 в другую смену. Примерно 60...84% работ ТО-2 выполняются на постах и 16...20% – в цехах, так как сложные приборы, узлы, механизмы обслуживаются в производственных цехах.

Работы по ТР выполняются на постах в зоне ремонта и в производственных цехах: доля постовых работ составляет 30...40% (30% – для легковых, 40% – для грузовых автомобилей и автобусов) общего объема текущего ремонта. Часто операции ТР технологически связаны с операциями ТО. Например, при выполнении работ по смазке подшипников ступиц колес выполняется практически полный объем подготовительно-заключительных работ по замене неисправных сальников, подшипников, тормозных колодок и т.д. Поэтому часть работ ТР целесообразно выполнять на постах ТО, при этом автомобиль приводится в технически исправное состояние без дополнительных заездов на посты ТР, что способствует сокращению простоев автомобиля в ТО и ТР, снижению общей их трудоемкости.

Совместно с ТО-1 рекомендуется выполнять операции сопутствующего текущего ремонта, трудоемкость которых не превышает 5...7 чел.-мин, а с ТО-2 – до 20...30 чел.-мин. Суммарная трудоемкость операций ТР не должна превышать 20% нормативной трудоемкости ТО.



Работы по самообслуживанию предприятия распределяются по видам работ в процентах (табл. П.5.9). Полученные трудоемкости различных работ суммируются с программой технологически однородных работ, выполняемых в производственных отделениях. Ремонтно-строительные, сантехнические, электротехнические работы выполняет отдел главного механика (ОГМ).

Для расчета количества необходимого станочного оборудования используется примерное распределение работ для слесарно-механического цеха (табл. П.5.10). В связи с тем, что часть работ ТО, выполняемых в производственных цехах, компенсируется объемом ТР, сопутствующего ТО, в учебных проектах можно не перераспределять трудоемкости ТО и ТР. Перераспределение обязательно в тех случаях, когда установлен конкретный перечень работ ТР, сопутствующего ТО-1 и ТО-2.

Все расчеты сводятся в таблицы 3-7.

Таблица 3

Распределение трудоемкости ТО по агрегатам, системам и узлам

Наименование агрегатов, систем и узлов	ТО-1	ТО-2
	% чел.-ч.	% чел.-ч.

Таблица 4

Распределение трудоемкости ТО по видам работ

Виды работ	ЕО	ТО-1	ТО-2
	% чел.-ч.	% чел.-ч.	% чел.-ч.

Таблица 5

Распределение трудоемкости текущего ремонта по видам работ

Виды работ	ЕО	ТО-1	ТО-2
	% чел.-ч.	% чел.-ч.	% чел.-ч.

Таблица 6

Распределение трудоемкости текущего ремонта по агрегатам, системам и узлам

Наименование агрегатов, систем, узлов	% чел.-ч.	Наименование агрегатов, систем, узлов	% чел.-ч.

Таблица 7

Распределение работ по самообслуживанию предприятия

Виды работ	% чел.-ч.	Виды работ	% чел.-ч.

#### 4.2 Определение трудоемкости и диагностирования D-1 и D-2

Трудоемкость диагностических работ при всех видах воздействий суммируется и распределяется между D-1 и D-2.

$$T_{\partial} = T_{1\partial} + T_{1\partial} + T_{2\partial} + T_{\text{тр}\partial},$$

где  $T_{1\partial}$  – трудоемкость диагностических работ при ТО-1 (табл. 4) чел.-ч;

$T_{2\partial}$  – трудоемкость диагностических работ при ТО-2 (табл. 4), чел.-ч.;

$T_{\text{тр}\partial}$  – трудоемкость диагностических работ при ТР (табл. 5), чел.-ч.

Трудоемкость D-1:

$$T_{\partial 1} = (50...60\%) \cdot T_{\partial}.$$

Трудоемкость D-2:

$$T_{\partial 2} = (40...50\%) \cdot T_{\partial}.$$

Трудоемкость диагностирования одного автомобиля:

$$t_{\partial i} = \frac{T_{\partial i}}{N_{\partial i}^z},$$

где  $N_{\partial i}^z$  – годовая производственная программа по  $i$ -му виду (D-1, D-2) диагностирования.

В курсовом проекте возможно использование трудоемкости диагностирования автомобилей из таблицы П.5.8 (по согласованию с руководителем проекта).

Если диагностирование D-1 выполняется на выведенных постах, то необходимо скорректировать годовые объемы работ ТО-1, ТО-2 и ТР, а также трудоемкости обслуживания одного автомобиля при ТО-1 и ТО-2:

$$T'_1 = T_1 + T_{1д};$$

$$T'_2 = T_2 + T_{2д};$$

$$T'_{\text{трп}} = T_{\text{трп}} + T_{\text{трд}}.$$

Диагностирование D-1 проводится всегда на выделенные постах, где  $T'_1$ ,  $T'_2$ ,  $T'_{\text{трп}}$  соответственно скорректированные годовые объемы работ ТО-1, ТО-2, постовых работ ТР.

Трудоемкость обслуживания одного автомобиля:

$$t'_1 = \frac{T'_1}{\sum N_1};$$

$$t'_2 = \frac{T'_2}{\sum N_2}.$$

Скорректированные значения  $T'_1, T'_2, T'_{\text{трп}}$  используются в дальнейшем при расчете числа рабочих, числа постов ТР. Скорректированные значения  $t'_1, t'_2$  используются при расчете числа постов или поточных линий ТО.

## **5 РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РАБОЧИХ**

Расчет численности рабочих производится по каждой зоне, цеху, участку в соответствии с видом работ.

Штатное количество рабочих  $P_{шт}$  определяется по формуле:

$$P_{шт} = \frac{T_i}{\Phi_{шт}},$$

где  $T_i$  – годовой фонд рабочего времени зоны, цеха, участка, чел.-ч.;  $\Phi_{шт}$  – годовой фонд штатного рабочего, ч.

Годовые фонды времени штатных рабочих приведены в таблице П.5.10.

Явочное количество рабочих:

$$P_{яв} = P_{шт} \cdot \eta_{шт},$$

где  $\eta_{шт}$  – коэффициент штатности (табл. П.5.11).

Расчет количества явочных или технологически необходимых рабочих производится при проектировании конкретных зон, участков, цехов.

При агрегатно-участковой организации производства, комплексно-поточном и агрегатно-зональном методах ТО количество рабочих распределяется по бригадам или зонам. Поэтому вначале обосновывается количество и состав участков и зон, а затем производятся расчет ремонтных рабочих. При выделенной диагностике автомобилей определяется примерная трудоемкость D-1 и D-2 соответственно сокращаются трудоемкости ТО и ТР.

### **5.1 Режим работы зон технического обслуживания и текущего ремонта**

Распределение рабочих по сменам производится в зависимости от принятого режима работы зон ТО и ТР.

Для установления режима работы зон ТО и ТР необходимо составить суточный график ТО выпуска на линию автомобилей и возврата с линии.

Если автомобили работают на линии 1,0; 1,5 или 2,0 рабочие смены, то ЕО и ТО-1 выполняют в межсезонное время в течение 1,0; 1,5 или 2,0 рабочих смен с учетом графиков выпуска и возврата автомобилей. Продолжительность работы зоны ТО-2 устанавливается в зависимости от суточной программы (1,0; 1,5 или 2,0 смены).

Режим работы участков диагностики зависит от режимов работы зон ТО и ТР.

Суточный режим зоны ТР составляет 2,0 или 3,0 рабочие смены. В первую (дневную) работают все производственные цехи и посты ТР, а остальные – выполняются постовые работы ТР автомобилей, выявленные в процессе ТО или по заявке водителя.

Зоны ЕО и ТО-I должны работать в дни эксплуатации автомобилей. Работе зон ТО-2 и ТР должна быть организована без выходных дней, что повышает коэффициент технической готовности парка, но усложняет организацию труда в связи с необходимостью скользящего графика выходных дней для рабочих. Особенно это важно для пассажирских предприятий. Результаты расчета численности рабочих сводятся в таблицу 8.

Таблица 8

#### Численность рабочих

Виды работ	Число штатных рабочих			Число явочных рабочих		
	расчетное	принятое	всего	в т.ч. по сменам		
				I	II	III

В случае малой трудоемкости по некоторым отделениям целесообразно объединять технологически сходные работы (шиномонтажные и шиноремонтные, обойные и кузовные и т.д.).

При выделении бригады для контрольно-диагностических работ трудоемкости последних исключают из соответствующих трудоемкостей ТО и ТР.

## **6 РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА УНИВЕРСАЛЬНЫХ ПОСТОВ И ЛИНИЙ ОБСЛУЖИВАНИЯ ПОСТОВ ДИАГНОСТИКИ, ПОСТОВ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА**

Расчет универсальных тупиковых постов или линий ЕО, ТО-I, ТО-2 производится в зависимости от выбранного метода организации ТО, диагностики, режима работы АТП и графика выпуска автомобилей на линию и их возврата.

### **6.1 Расчет числа постов для диагностирования автомобилей**

Для специализированных постов диагностики D-1 и D-2 такт поста диагностики (мин):

$$\tau_{\partial} = \frac{t_{\partial} \cdot 60}{P_{\partial}} + t_n,$$

где  $t_{\partial}$  – трудоемкость диагностирования автомобилей, чел.-ч.;  $P_{\partial}$  – количество рабочих на посту:  $P_{\partial} = 1$ ;  $t_n$  – время установки и съема автомобиля с поста:

$t_n = 1...3$ .

Ритм производства зоны диагностирования (мин):

$$R_{\partial} = \frac{T_{\partial\partial} \cdot 60}{N_{\partial}^c},$$

где  $T_{\partial\partial}$  – продолжительность работы зоны диагностирования, ч.;  $N_{\partial}^c$  – количество диагностируемых автомобилей в сутки по D-1 или D-2.

Число специализированных постов D-1 или D-2:

$$x_{\partial} = \frac{\tau_{\partial}}{R_{\partial} \cdot \eta_n},$$

где  $\eta_n$  – коэффициент использования рабочего времени поста:  $\eta_n = (0,75...0,9)$ .

### **6.2 Составление технологических карт**

Технологические карты составляются:

- на специализированный пост зоны ТР (постовая карта);
- на отдельные посты диагностирования (карта диагностирования);

- на специализированную бригаду рабочих при методе универсальных постов;
- на операцию ТО, ремонта, диагностирования (операционная карта);
- на операции, выполняемые одним или несколькими рабочими (карта на рабочее место).

Технологическая карта составляется отдельно на вид воздействия (ЕО, ТО-1, ТО-2, ТР), и внутри вида – по элементам. Например, по видам работ: контрольные, крепежные, регулировочные операции, электротехнические, смазочные и т.д. При разработке технологических карт необходимо предусмотреть:

- удобство установки, снятия и перемещения автомобиля или агрегатов в процессе выполнения операции;
- необходимое смотровое, подъемно-транспортное оборудование;
- применение высокопроизводительного технологического оборудования; инструмента и приспособлений;
- создание удобных, безопасных и гигиенических условий труда;
- средства и способы контроля качества работ.

Операции и переходы необходимо формулировать в строгой технологической последовательности, используя глаголы в повелительном наклонении, например: установить автомобиль на мост, открыть капот, отсоединить клемму аккумулятора и т.д.

Технологическая карта на вид работ (группу операций), специализированный пост ТО, диагностирование или бригаду рабочих выполняется по определённой форме (рис. 1).

Размеры колонок принимаются по ширине с учетом удобства записи. Если работы выполняются одним или несколькими рабочими одной специальности и разряда, то колонку «Специальность и разряд» можно исключить. Эскизы, поясняющие последовательность заполнения операции и переходов, выполняются на отдельных листах записки (формат А) и вкладываются после технологической карты или выносятся в графическую часть проекта.

## Технологическая карта

### ТО-2 автомобиля ЗИЛ-130 для поста №1

(указать вид ТО и № поста, бригаду рабочих)

#### Содержание работы: ТО системы электрооборудования двигателя

Трудоемкость работ \_\_\_\_\_ чел.-ч.

Исполнители \_\_\_\_\_ чел.

(количество)

Специальность и разряд \_\_\_\_\_

№	Наименование операций, переходов и приемов (для оперативных работ)	Место выполнения операции	Число мест или точек обслуживания	Специальность и разряд	Оборудование и инструмент	Трудоемкость, чел.-мин.	Технические условия и указания

Рис. 1

Эскиз может быть представлен: в изометрии; в виде чертежа с разрезами, сечениями, выносками, в виде схемы. Приспособления и инструмент показываются в рабочем положении, соответствующем окончанию операции.

### 6.3 Выбор метода технического обслуживания и текущего ремонта

При проектировании АТП и его производственных зон студент должен выбрать метод производства ТО и ТР, учитывающий конкретные условия проектируемого или реконструируемого предприятия. Для этого необходимо изучать методы организации ТО и ремонта по дисциплинам «Техническая эксплуатация автомобилей» и «Проектирование АТП и СТО». Одним из современных методов организации ТО и ремонта автомобилей является поточный метод обслуживания. Он получил наибольшее распространение при выполнении ЕО, ТО-1 и ТО-2. Поточная организация ЕО целесообразна при суточной программе, равной 100 и более обслуживаниям однотипных автомобилей, ТО-1 – не менее 12 автомобилей, обуславливающих необходимость не менее



двух-трех постов. Для производства ТО-2 на потоке суточная программа должна быть не менее 6 обслуживаний на трех-четырех постах, при этом желательно обслуживание технически совместимой группы автомобилей. При меньшей суточной программе принимается метод обслуживания на универсальных постах.

Научно-исследовательским институтом автомобильного транспорта разработаны типовые схемы поточных линий ТО-1 с пропускной способностью для грузовых и автобусных АТО, а также типовые схемы ТО-2 со следующими вариантами технологического процесса:

- для небольших или малых АТП основные операции ТО-2 выполняются на универсальных постах тупикового типа, смазочно-заправочные работы производятся на отдельном специализированном посту;
- для крупных АТП на четырех- или пятипостовой поточной линии.

Текущий ремонт автомобилей производится на универсальных и специализированных постах.

#### **6.4 Расчет числа универсальных постов для технического обслуживания**

Ритм производства или доля времени работы зоны ТО на выполнение одного обслуживания (мин):

$$R = \frac{T_{об} \cdot 60}{N_i^c},$$

где  $T_{об}$  – продолжительность работы зоны в сутки, ч.;  $N_i^c$  – число обслуживаемых единиц подвижного состава в сутки.

Такт поста, или время обслуживания автомобиля на данном посту (мин):

$$\tau = \frac{t_i \cdot 60}{P_n} + t_n,$$

где  $t_i$  – трудоемкость работ данного вида обслуживания, выполняемого на посту, чел.-ч.;  $t_n$  – время на перемещение автомобиля с поста на пост, мин.

(в зависимости от габаритных размеров автомобиля равно 1...3 мин);

$P_n$  – среднее число рабочих на одном посту.

Примерное среднее число рабочих на одном посту принимается по таблице П.5.13. Чтобы получить в расчетах целое число постов в зоне, среднее число рабочих на посту можно принимать целым и дробным, но обязательно кратным общему числу рабочих в одной смене.

Число постов в зонах ЕО и ТО-1:

$$x_{zo} = \tau / R.$$

При определении числа постов ТО-2 учитываются сопутствующие работы ТР:

$$x_{zo-2} = \frac{\tau}{R\eta_u},$$

где  $\eta_u$  – коэффициент использования рабочего времени поста:

$$\eta_u = (0,85 \dots 0,90).$$

Полученное расчетное число постов в зоне позволяет сделать вывод о методе ТО: поточном или на постах тупикового типа. Для ЕО и ТО-1 поточный метод применяется при числе постов более двух-трех, для ТО-2 – не менее трех в расчете на однотипные автомобили. При выполнении ТО-2 на универсальных постах за время обслуживания одного автомобиля принимают 1,0 или 2,0 смены и количество постов:

$$N_{то-2} = \frac{N_2^c}{c},$$

где  $c$  – число смен работы зоны.

## 6.5 Определение числа постов и линий при поточном обслуживании

Для поточного метода периодического действия такт линии или интервал времени между двумя последовательно сходящими с линии автомобилями (мин):

$$\tau_n = \frac{t_i \cdot 60}{P_n} + t_n,$$

где  $t_i$  – трудоемкость работ, чел.-ч.;  $P_n$  – общее число технологически необходимых рабочих на линии;  $t_n$  – время передвижения автомобиля с поста на пост, мин.

Число рабочих на линии:

$$P_l = x_l \cdot P_{cp},$$

где  $x_l$  – число постов линии по технологическим соображениям;  $P_{cp}$  – среднее число рабочих на посту линии обслуживания (табл. П.5.12).

Число постов для данного вида ТО принимают с учетом содержания технологической последовательности и объема работ, а также возможной специализации постов по роду работ. При расчете необходимо использовать операционно-технологические карты по агрегатам и системам, содержащим полный перечень операций по данному виду ТО. Общее число рабочих на линии рекомендуется принимать не менее 5...6 при ТО-1 и 6...7 при ТО-2.

Число линий обслуживания  $m = \frac{\tau_A}{R}$ . Оно должно быть целым или близким к нему (допускаемое отклонение не более 0,1 в перерасчете на одну линию). Если число линий не удовлетворяет данному условию, следует произвести перерасчет, изменив  $x_l$  и  $P_{cp}$ .

С целью улучшения использования производственных площадей возможно выполнение ТО-2 и ТО-1 на одних и тех же постах (поточных линиях), при этом необходимо: уточнить смены выполнения различных воздействий; произвести расчет числа постов и линий по каждому виду ТО и выбрать линии с большим числом постов. При неравномерном распределении программы ТО расчет ведется по наиболее загруженной смене. Работы ЕО выполняют на поточных линиях непрерывного действия. Посты таких линий оборудуются механизированными и автоматизированными установками для уборки, мойки и обдува автомобилей. Такт линии определяют по пропускной способности установки (мин):

$$\tau_{eo} = \frac{60}{N_y}.$$

Необходимая скорость конвейера  $V_k = \frac{l_a + a}{\tau_{eo}}.$

Число линий  $m_{eo} = \frac{\tau_{eo}}{R_{eo}}.$

Число постов на линии принимается по технологическим соображениям и должно обеспечивать их специализацию по видам работ (табл. П.5.13). Если механизирована только часть работ (обычно моечные), а остальные выполняются вручную, то число необходимых рабочих на линии для ручной обработки:

$$P_{eo} = \frac{t'_{eo} + 60}{\tau_{eo}},$$

где  $t'_{eo}$  – трудоемкости работ ЕО, выполняемых вручную, чел-ч;

$$t'_{eo} = t_{eo} - t_{mp},$$

где  $t_{eo}$  – трудоемкость одного ЕО, чел.-ч.;  $t_{mp}$  – трудоемкость механизированных работ одного ЕО, чел.-ч. (табл. П.5.15).

Распределение рабочих по постам ручных работ (обычно уборки и обтирки) производится в зависимости от трудоемкости работ, выполняемых на каждом посту, и такта линии. Если в зоне ТО автомобили перемещаются по постам своим ходом, такт линии определяется как для линии периодического действия. Поточная линия будет работать с расчетным тактом нормально, если содержание, трудоемкость работ и число рабочих распределяются так, чтобы такты постов и такт линии были равны между собой. Содержание, трудоемкость работ и распределение рабочих по постам линии сводятся в таблицу 9.

Таблица 9

Содержание, трудоемкость работ  
и распределение рабочих по постам линии

Посты	Содержание работ	Трудоемкость работ		Число рабочих	Такт, мин.	Расчетный такт линии поста, мин
		%	чел.-мин.			

## 6.6 Расчет числа постов для текущего ремонта

При расчете числа постов зоны ТР следует учитывать два фактора: наличие большого числа неисправностей, устранение которых требует не более одного исполнителя; большие потери рабочего времени по организаторским причинам (простои в ожидании ремонтируемых агрегатов, узлов и деталей, хождение исполнителей по цехам, складам).

Число постов ТР:

$$x_{\text{ТР}} = \frac{T_n \cdot K_{\text{ТР}} \cdot \varphi}{D_{\text{раб.д.}} \cdot T_c \cdot P_n \cdot \eta_n},$$

где  $P_n$  – суммарная трудоемкость работ на постах ТР, чел.-ч.;  $T_n$  – коэффициент учета объема работ на постах ТР в наиболее загруженную смену (обычно 0,6...0,8);  $\varphi$  – коэффициент учета неравномерного поступления автомобилей на посты ТР:  $\varphi = 1,2...1,5$ ;  $D_{\text{раб.д.}}$  – число рабочих дней в году;  $T_c$  – продолжительность рабочей смены, ч.

## 6.7 Определение числа постов ожидания

Посты ожидания (подпора) обеспечивают бесперебойное поступление автомобилей на ТО и ТР. В холодное время обеспечивают подготовку автомобиля к ТО и ТР.

Посты ожидания размещаются отдельно или вместе для каждого вида ремонта и ТО в производственных помещениях или на открытых стоянках. Число их определяется: для ЕО – 15...20% часовой производительности зоны ЕО, или ТО-1 – 10...15% сменной программы, для ТО-2 – 30...40% сменной программы, для ТР – 20...30% числа постов ТР.

## 7 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Номенклатуру технологического оборудования подбирают по таблицю оборудования, каталогам, прейскурантам, справочникам с учетом видов ТО и ТР и количества работающих в наиболее загруженную смену. Для крупных АТП с однотипным подвижным составом необходимо высокопроизводительное специализированное оборудование, для АТП со смешанным парком – универсальное.

Количество оборудования  $Q_o$  определяют по степени его использования; при полностью загруженном в течение смен – по трудоемкости работ для группы или каждого вида работ данной группы оборудования (станочное, тепловое, сборочно-разборочное, подъемно-осмотровое или специальное):

$$Q_o = \frac{T_o}{\Phi_o \cdot P} = \frac{T_o \cdot \varphi}{D_{\text{раб.д.}} \cdot T_c \cdot \eta_{\text{об}} \cdot P},$$

где  $T_o$  – трудоемкость работ по группе или виду работ дневной группы, выполняемых на конкретном оборудовании, чел.-ч;  $\varphi$  – коэффициент учета трудоемких работ в наиболее загруженную смену;  $\Phi_o$  – производственный фонд времени единицы оборудования, ч;  $D_{\text{раб.д.}}$  – число рабочих дней в году;  $T_c$  – продолжительность рабочей смены;  $\eta_{\text{об}}$  – коэффициент использования оборудования по времени:  $\eta_{\text{об}} = 0,7 \dots 0,8$ ;  $P$  – число рабочих, одновременно работающих на данном оборудовании.

Если оборудование используется периодически, то оно устанавливается комплектно по таблицю оборудования, например, для карбюраторного, аккумуляторного, электротехнического и других цехов и отделений. Оборудование общего назначения (верстаки) определяют по числу рабочих. Количество подъемно-транспортного оборудования (конвейеры, тельферы, передвижные краны, кран-балки) определяют по числу линий и постов, уровню механизации в производственных цехах и складских помещениях. Количество диагностиче-

ского, моечного оборудования рассчитывают по паспортной производительности.

Количество моечных установок для мойки автомобилей:

$$Q_m = \frac{N_m^c}{T_c \cdot C \cdot P \cdot \eta_{об}}$$

где  $P$  – производительность моечной установки, авт./ч.

Количество компрессионных установок определяют по среднему суммарному расходу сжатого воздуха с учетом коэффициентов утечки (1,3) и неравномерности расхода (1,4). Количество зарядных агрегатов выбирают по суточному числу заряжаемых аккумуляторных батарей: каждая батарея в год проходит две сезонные зарядки (8...10 ч) и при каждом ТО-2 – подзарядку в течение 3...6 ч.

Станочное оборудование механического цеха рассчитывают на основании процентного соотношения между трудоемкостями основных видов работ (табл. П.5.10). Выбранное оборудование вносится в ведомость технологического оборудования (табл. 10).

Таблица 10

Ведомость технологического оборудования

№	Наименование	Модель и тип	Кол-во	Габаритный размер, м	Мощность, кВт		Площадь, м <sup>2</sup>		Стоимость, руб.	
					ед.	общ.	ед.	общ.	ед.	общ.

Примечание. Ведомость технологического оборудования помещается в приложение к расчетно-пояснительной записке.

## 8 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Площади производственных помещений можно определить аналитически и более точно графически.

### 8.1 Расчет площадей зоны технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей

Площадь зон ТО и ТР (м<sup>2</sup>) рассчитывается аналитически:

$$F = f_a \cdot x \cdot K_n,$$

где  $f_a$  – площадь горизонтальной проекции автомобиля (по габаритным размерам), м<sup>2</sup>;  $x$  – число постов в зоне;  $K_n$  – коэффициент плотности расстановки постов и оборудования (табл. П.5.14).

Окончательно площади зоны уточняются при разработке планировочного решения с учетом габаритных размеров автомобиля, расстояния между ними на постах, между автомобилями и элементами зданий и оборудованием, ширины проезда автомобилей в зонах и способов расстановки постов (прямоугольный, косоугольный).

### 8.2 Расчет площадей производственных участков (цехов)

Площадь производственных участков можно рассчитать по удельной площади на каждого рабочего в наибольшую смену:

$$F_y = f_1 + f_2(P_n),$$

где  $F_y$  – площадь участка (цеха), м<sup>2</sup>;  $f_1$  – удельная площадь на первого работающего;  $f_2$  – удельная площадь на каждого из последующих рабочих, м<sup>2</sup>/чел;  $P_n$  – наибольшее число рабочих в смену.

Более точно:



$$F_y = f_{об} \cdot K_n,$$

где  $f_{об}$  – площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;  $K_n$  – коэффициент плотности расстановки оборудования ( $K_n=2,5$ ).

При установке на участок (цех) автомобиля, прицепа, кузова, кабины учитывается площадь их горизонтальной проекции. Минимальная площадь помещения на одного работающего должна быть не менее 4,5 м<sup>2</sup>. Все расчеты сводятся в таблицу 11.

Таблица 11

Площади производственных участков

Наименование участка (цеха)	Коэффициент плотности оборудования	Площадь, м <sup>2</sup>		
		занимаемая оборудованием	расчетная	принятая в планировке

## 9 РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ СКЛАДСКИХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ

Существует несколько методик расчета площадей складских помещений: расчет по площади, занимаемой оборудованием, для хранения запаса эксплуатационных материалов, запасных частей, агрегатов и по коэффициенту плотности расстановки оборудования. При этом необходимо рассчитать запас материалов, затем подобрать оборудование складов (емкости, насосы, стеллажи и т.д.). Менее точные результаты дает расчет по удельной площади склада, приходящейся на один списочный автомобиль. Наиболее распространена методика по удельной площади склада на 1 млн. км пробега автомобилей.

### 9.1 Расчет складских помещений по удельным нормам пробега

Эта методика применяется в общем, планировочном решении предприятия. Площадь складских помещений:

$$F_{ск} = \frac{L_{cc} \cdot A_u \cdot D_{uz} \cdot \alpha_z}{10^6} \cdot f_y \cdot K_{nc} \cdot K_{ск} \cdot K_p,$$

где  $L_{cc}$  – среднесуточный пробег автомобилей парка (группы), км;  $A_u$  – списочное количество автомобильного парка (группы);  $\alpha_z$  – коэффициент технической готовности автомобилей парка (группы);  $f_y$  – удельная площадь складских помещений на 1 млн. км пробега (табл. П.5.15);  $K_{nc}$  – коэффициент учета типа подвижного состава (табл. П.5.16);  $K_{ск}$  – коэффициент учета списочного количества подвижного состава (табл. П.5.17);  $K_p$  – коэффициент учета разномарочности автомобилей парка (для одной модели  $K_p = 1,0$ ; для двух – 1,2; для трех – 1,3; более трех – 1,5);  $D_{uz}$  – число рабочих дней автомобилей за год.

### 9.2 Расчет складских помещений по площади, занимаемой оборудованием

Эта методика применяется при уточненном расчете складских помещений. По нормативам определяется количество (запас) материалов, исходя из су-

точного расхода и дней хранения. Затем производится подбор оборудования складов (емкостей для хранения смазочных материалов, насосов, стеллажей и т.д.) и определяется площадь помещения, занимаемая оборудованием. Площадь склада:

$$F_{ск} = f_{об} \cdot K_n,$$

где  $f_{об}$  – площадь, занимаемая оборудованием, м<sup>2</sup>;  $K_n$  – коэффициент плотности расстановки оборудования ( $K_n = 2,5$ ).

Склад смазочных материалов. Запас смазочных материалов рассчитывают по каждому типу автомобилей и по каждому сорту масла:

$$Z_m = 0,01 \cdot Q_{сут} \cdot q_m \cdot D_3,$$

где  $Q_{сут}$  – суточный расход топлива, л;  $q_m$  – норма расхода смазочных материалов на 100 л топлива (табл. П.5.16);  $D_3$  – дни запаса ( $D_3 = 15$  дней).

Суточный расход топлива на линии, л:

$$Q_{сут} = Q_l \cdot Q_m,$$

где  $Q_l$  – расход топлива на линии, л;  $Q_m$  – внутригаражный расход топлива, л.

Методика расчета топлива на линии изложена в [6]. Суточный расход топлива  $Q_m$  нормируют в размере 0,5% расхода топлива на линии. Объем отработанных масел принимается в размере 15% расхода свежих масел. Определив запасы каждого вида смазочных материалов, подбирают емкости для свежих и отработанных масел, насосы для их перемещения, стеллажи для консистентных смазок, а затем по их площади определяют площади складов.

Склад резины, количество покрышек, камер:

$$Z_{рез} = \frac{A_u \cdot L_{cc} \cdot \alpha_T \cdot x_k \cdot D_3}{L_n},$$

где  $x_k$  – число колес автомобиля (без запасных);  $L_n$  – средний пробег покрышки с учетом ее восстановления, км;  $D_3$  – запас времени, равный 15 дн.

Площадь стеллажей:

$$F_{об} = \frac{3_{рез}}{П} \cdot b_{ст},$$

где  $П$  – количество покрышек на погонный метр стеллажа (при двухъярусном хранении  $П=6\dots10$ );  $b_{ст}$  – ширина стеллажа (определяются размеры покрышки).

Склад запасных частей, агрегатов и материалов. Новшество запасных частей, металлов и материалов (кг):

$$G = \frac{A_u \cdot L_{oc} \cdot \alpha_{т}}{10000} \cdot \frac{a \cdot G_a}{100} \cdot D_3,$$

где  $G_a$  – масса автомобиля, т;  $a$  – средний процент расхода запасных частей, металлов и других материалов от массы автомобиля на 10 тыс. км пробега (табл. П.5.19);  $D_3$  – дни запаса.

Расчет запаса агрегатов производится по номенклатуре, весу оборотных агрегатов на каждые 100 автомобилей, одной модели в пределах норм [2] и по [5].

Площадь стеллажей ( $m^2$ ):

$$f = \frac{G_i}{g},$$

где  $G_i$  – масса агрегатов, запасных частей и др., кг;  $g$  – допускаемая нагрузка на 1  $m^2$  площади склада,  $кг/m^2$ .

Для запасных частей – 600  $кг/m^2$ , агрегатов – 500  $кг/m^2$ , металлов – 600...700  $кг/m^2$ , прочих материалов – 250  $кг/m^2$ . Все площади складских помещений вносятся в таблицу по форме таблицы 11.

### 9.3 Расчет площадей вспомогательных помещений

Расчет кладовой, инструментальной кладовой и кладовой инструмента для водителей производится с учетом количества универсальных и специальных инструментов: не менее 2...3 комплектов по каждой специальности рабочего и количество комплектов инструмента для водителей должно соответствовать количеству списочных автомобилей на АТП. При расчете учитывают

площадь, занятую стеллажами и необходимым инвентарем. Площади такелажных кладовых, складов угля, лесных и других строительных материалов определяются по практическим соображениям. Площадь цеха отдела главного механика (ОГМ) на одного рабочего в наиболее нагруженную смену 15...20 м<sup>2</sup>, площадь компрессорной на один установленный компрессор – 20...25 м<sup>2</sup>. Площади котельной, трансформаторной подстанции зависят от типа устанавливаемого в них оборудования.

## 10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДИ ЗОНЫ ХРАНЕНИЯ (СТОЯНКИ) АВТОМОБИЛЕЙ

Площадь зоны хранения зависит от числа автомобилей, типа стоянки и способа расстановки. Автомобиле-места хранения могут быть закреплены за определенными автомобилями по списочному количеству автомобилей. При обезличенном хранении число автомобиле-мест:

$$A_{ст} = A_{и} - (A_{кр} + x_{тр} + x_{об} \cdot K_x + X_n) - A_n,$$

где  $A_{кр}$  – число автомобилей на капитальном ремонте;  $x_{тр}$  – число постов ТР;  $x_{об}$  – число постов ТО;  $K_x$  – коэффициент учета степени использования постов ТО под хранение автомобилей;  $X_n$  – число постов ожидания (подпора);  $A_n$  – среднее число отсутствующих на предприятии автомобилей (круглосуточная работа, командирования).

Площадь стоянки ( $m^2$ ):

$$F_c = A_{ст} \cdot f_a \cdot q,$$

где  $f_a$  – площадь, занимаемая автомобилем в плане по габаритным размерам,  $m^2$ ;  $q$  – коэффициент удельной площади на одно автомобиле-место, равный 2,5...3,0 [табл. П.6.5].

Более точно площадь стоянки определяется графически после выбора схемы расстановки автомобилей в зоне стоянки.

## **11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ АДМИНИСТРАТИВНЫХ, ОБЩЕСТВЕННЫХ И БЫТОВЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

При проектировании помещений в расчете их площадей учитывают штаты предприятия, строительные нормы и правила (табл. П.6.3, П.6.4).

### **11.1 Площади административных помещений**

Площади кабинетов руководящего персонала: директора, его заместителей, главного инженера, начальника эксплуатации – принимаются из расчета 12...15 м<sup>2</sup>, отделов (технического, главного, эксплуатации, бухгалтерии и др.) 3,5...4 м<sup>2</sup> на одного служащего. Площади помещений для водителей и контролеров (диспетчерской) определяют из расчета 1 м<sup>2</sup> на одного человека по наиболее многочисленной смене, но не менее 18 м<sup>2</sup>. Площадь помещений для водителей определяется из расчета 3 м<sup>2</sup> на одного дежурного водителя.

Площадь кабинетов безопасности движения принимается при штатном количестве водителей от 100 до 1000 чел. – 25 м<sup>2</sup>, более 1000 чел. – 60 м<sup>2</sup>. Площадь помещений начальников колонн, проходной, сторожевой охраны и др. принимается по практическим соображениям.

### **11.2 Площадь общественных помещений**

Площадь общественных помещений рассчитывают по нормам с учетом числа работающих (табл. П.6.3).

### **11.3 Площади бытовых помещений**

Площадь гардеробных при закрытом хранении всех видов одежды определяется из расчета индивидуальных шкафов, равных числу рабочих во всех сменах, при открытом хранении одежды на вешалках – числу рабочих в двух наиболее многочисленных смежных сменах.

В гардеробных водителей легковых автомобилей, водителей и кондукторов автобусов число мест хранения принимается равным числу работающих в наиболее многочисленной смене с коэффициентом 1,2. Площадь пола на один шкафчик – 0,25 м<sup>2</sup>, на открытую вешалку – 0,1 м<sup>2</sup>.

Площади душевых и умывальных определяются из расчета 3...15 чел. на один душ и 7...30 чел. на один кран в зависимости от группы производственного процесса. Число душевых сеток и умывальников для водителей и кондукторов принимается из расчета максимального часового возвращения автомобилей с линии. Площадь пола на один душ с раздевалкой – 2 м<sup>2</sup>, на один умывальник – 0,8 м<sup>2</sup> при одностороннем расположении. Туалетные и курительные определяются при наиболее многочисленной смене из расчета одна кабина на 15 женщин и одна кабина на 30 мужчин для водителей и кондукторов на период максимального выпуска автомобилей. Размер кабин 1,2×0,9 м. Площадь пола одной кабины – 2...3 м<sup>2</sup>. В каждом туалете должны быть умывальники из расчета один умывальник на 6 унитазов, но не менее одного. Площадь курительной принимается из расчета на одного работающего в наиболее многочисленной смене: 0,03 м<sup>2</sup> для мужчин и 0,01 м<sup>2</sup> для женщин, но не менее 9 м<sup>2</sup>, расстояние до рабочих мест не более 7,5 м.

Столовые определяются по числу работающих в наиболее многочисленную смену (без учета водителей и кондукторов) с коэффициентом 1,1. Площадь медпункта определяется по числу работающих: до 300 чел. – 15...20 м<sup>2</sup>, 300...800 чел. – 30 м<sup>2</sup>, более 800 чел. – 70 м<sup>2</sup>.



## **12 ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАСЧЕТА БАЗ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ**

Базы централизованного технического обслуживания (БЦТО) создаются для обслуживания одного или нескольких родственных моделей автомобилей с централизацией следующих видов технических воздействий: ТО-1, ТО-2 и сопутствующего текущего ремонта, ТО-2 и текущего ремонта любого объема по потребности. При выборе исходных данных определяются: состав закрепленных за БЦТО предприятий, типы автомобилей, расстояние от автотранспортного предприятия (АТП) до БЦТО, виды и объекты выполняемых на БЦТО технических воздействий. Обязательно должно быть произведено технико-экономическое обоснование централизации ТО и ТР подвижного состава [4].

Методика расчетов производственной программы, трудоемкостей, численности рабочих, производственных и вспомогательных площадей аналогичны в основном технологическому расчету АТП. Однако следует учитывать некоторые особенности при расчетах. В связи с концентрацией и специализацией производства, применением более прогрессивной технологии, высокой степени механизации процессов нормы трудоемкостей ТО и ТР должны быть снижены коэффициентом  $K_5$  (табл. П.5.7) с учетом закрепления за БЦТО суммарного списочного количества автомобилей. При проектировании БЦТО только для ТО-2 объем выполняемого текущего ремонта принимается до 20% трудоемкости ТО-2. При выполнении на БЦТО максимально возможного объема текущего ремонта распределение его трудоемкости по видам работ между БЦТО и АТП проводится по рекомендациям, приведенным в приложении (табл. П.5.20).

При централизации ТО и ремонта внутри производственных автотранспортных объединений распределение объемов работ между головным предприятием и его филиалами производится также по рекомендациям, приведенным в приложении (табл. П.5.21).

## ЗАЩИТА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Законченные курсовые проекты в установленный срок сдаются студентами руководителю, который проверяет качество курсовой 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.

Работа защищается перед комиссией, которую определяет заведующий кафедрой. Защита производится вне расписания учебных занятий, согласно вывешенному на кафедре графику защиты.

Студент кратко в течение 5-7 мин излагает содержание работы, отвечает на заданные вопросы. Во время защиты комиссией ведется протокол, в котором записываются задаваемые вопросы.

С учетом содержания, качества оформления и защиты работы комиссия оценивает защиту по пятибалльной системе.

На балльную оценку отчетной составляющей 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.

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аринин, И. Н. Техническая эксплуатация автомобилей. Управление технической готовностью подвижного состава : учеб. пособие для вузов / И. Н. Аринин, С. И. Коновалов, Ю. В. Баженов. – 2-е изд. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 314 с.
2. Малкин, В. С. Техническая эксплуатация автомобилей. Теоретические и практические аспекты : учеб. пособие для вузов / В. С. Малкин. – 2-е изд. – Москва : Академия, 2009. – 288 с.
3. Сарбаев, В. И. Техническая эксплуатация автотранспортных средств. Выбор стратегии в организации и управлении : учеб. пособие для вузов / В. И. Сарбаев, В. В. Тарасов ; под ред. В. В. Тарасова. – Москва : МГИУ, 2004. – 192 с.
4. Российская автотранспортная энциклопедия. Практические рекомендации и нормативная база : справ. и науч.-практ. пособие ; под ред. Е. С. Кузнецова. – Т. 3. – Москва, 2000. – 456 с.
5. Яговкин, А. И. Организация производства технического обслуживания и ремонта машин: учеб. пособие / А. И. Яговкин. – М. : Академия, 2006. – 400 с.

*Пример оформления титульного листа*

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»**

кафедра «Технический сервис»

**Курсовой проект**

по дисциплине «Основы технической эксплуатации автомобилей»

тема: «Основы проектирования предприятий автомобильного транспорта»

Выполнил:

Студент \_\_\_\_\_ курса

Группы \_\_\_\_\_

специальности (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 20\_\_\_\_



*Пример оформления реферата*

## РЕФЕРАТ

Проект представлен пояснительной запиской и графической частью на двух листах формата А1. Пояснительная записка содержит 54 страницы машинописного текста, включает 8 таблиц, 10 рисунков и 15 наименований использованных источников.

Ключевые слова: АВТОМОБИЛЬ, ДИАГНОСТИКА, ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, ТРУДОЕМКОСТЬ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ.

Сокращения, используемые в тексте:

**ГОСТ** – государственный отраслевой стандарт;

**КП** – курсовой проект;

**т.д.** – так и далее;

**ТО** – техническое обслуживание;

**ТР** – текущий ремонт.

В проекте представлен расчет по организации технологического процесса технического обслуживания и ремонта подвижного состава. В соответствии с заданием построены графики проведения технических обслуживаний и ремонтов, а также составлена операционно-технологическая карта проведения технического обслуживания автомобиля ГАЗ-53.

**Пример оформления оглавления**

## Оглавление

	стр
Введение.....	2
Оглавление.....	3
Реферат.....	4
<b>1</b>	<b>5</b>
<b>1.1</b>	<b>5</b>
<b>1.2</b>	
.....	
<b>2</b>	
<b>2.1</b>	
.....	
Выводы .....	
Список используемой литературы .....	
Приложения .....	

ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДНЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
РАСЧЕТА

Таблица П.5.1

Нормативы пробега автомобилей до 1-го КР  
периодичности ТО и простои в ТО и ремонтах

Модели подвижного состава	Нормы до первого КР, тыс. км	Периодичность			Простои при КР на специа- лизированных предприятиях, дн.
		ТО-1, км	ТО-2, км	в ТО и ТР дн./1000 км	
ПАЗ-672	320	2400	12000	0,5	20
ЛАЗ-695	360	2800	14000	0,5	20
ЛАЗ-697	400	2800	14000	0,5	20
ЛиАЗ-677	380	2800	14000	0,5	25
Икарус-260	360	4000	16000	0,6...0,7	35
Икарус-280	360	4000	16000	0,8...0,9	40
УАЗ-452	180	2500	12500	0,4...0,6	15
ГАЗ-52	175	2000	10000	0,4...0,5	15
ГАЗ-53А	250	2500	12500	0,4...0,5	15
ЗИЛ-130	300	3000	12000	0,4...0,5	22
МАЗ-500А	250	2500	12500	0,45...0,55	22
КамАЗ-5320		4000	12000	0,3...0,4	18...22
КрАЗ-256Б	160	2500	12500	0,45...0,55	22
БелАЗ-548	120	2000	10000	0,10...0,15	30...35
МАЗ-5243	100	2500	12500	0,10...0,15	10...12
МАЗ-5245, 5205	125	2500	12500	0,10...0,15	10...12
ЧМЗАП-5224	100	2500	12500	-	-
ОдАЗ-9370, 9770	-	4000	1200	-	-
ГИБ-8350	240				

Примечание. 1. Нормы пробега до капитального ремонта установлены для центральной климатической зоны. 2. Нормы пробега после первого капитального ремонта составляют 80% пробега до 1-го КР. 3. Для автомобилей КамАЗ капитальный ремонт полнокомплектного автомобиля не планируется.

Таблица П.5.2

## Коэффициенты учета категории условий эксплуатации

Категория условий эксплуатации	Коэффициент $K_1$			
	периодичности технического обслуживания	удельной трудоемкости текущего ремонта	пробега до капитального ремонта	расхода запасных частей
I	1,9	1,0	1,0	1,00
II	0,9	1,1	0,9	1,18
III	0,8	1,2	0,8	1,25
IV	0,7	1,4	0,7	1,40
V	0,6	1,5	0,6	1,65

Примечание. 1. После определения скорректированной периодичности технического обслуживания проверяется ее кратность между видами обслуживания с последующим округлением до целых сотен километров. 2. При корректировании нормы пробега до капитального ремонта двигателя коэффициент  $K$  принимается равным 0,7 – для III категории условий эксплуатации, 0,6 – для IV категории и 0,5 – для V категории. Соответственно коэффициент  $K_1$  – корректирования норм расхода запасных частей двигателя составляет 1,4 – для III категории условий эксплуатации, 1,65 – IV категории и 2,0 – V категории.

Таблица П.5.3

## Коэффициенты учета типов и модификаций подвижного состава и организации его работы

Модификация подвижного состава и организация его работы	Коэффициент $K_2$		
	трудоемкости ТО и ТР	пробега до капитального ремонта	расхода запасных частей
Базовый автомобиль	1,0	1,0	1,0
Седелные тягачи	1,10	0,95	1,05
Автомобили с одним прицепом	1,15	0,90	1,10
Автомобили с двумя прицепами	1,20	0,85	1,20
Автомобили-самосвалы	1,15	0,85	1,20
Автомобили-самосвалы с одним прицепом или при работе на коротких плечах (до 5 м)	1,20	0,80	1,25
Автомобили-самосвалы с двумя прицепами	1,25	0,75	1,30
Специализированный подвижной состав (в зависимости от сложности оборудования)	1,10-1,20	-	-



Таблица П.5.4

## Коэффициенты учета природно-климатических условий

Природно-климатический район	Коэффициент $K_3$ $K_3=K_3^1 \times K_3^2$			
	периодичности технического обслуживания	удельной трудоемкости текущего ремонта	пробега до капитального ремонта	расход запасных частей
Коэффициент $K_3^1$				
Умеренный	1,0	1,0	1,0	1,0
Умеренно-теплый, умеренно-теплый влажный, теплый влажный	1,0	0,9	1,1	0,9
Жаркий сухой, очень жаркий сухой	0,9	1,1	0,9	1,1
Умеренно-холодный	0,9	1,1	0,9	1,1
Холодный	0,9	1,2	0,8	1,25
Очень холодный	0,9	1,3	0,7	1,4
Коэффициент $K_3^2$				
С высокой агрессивностью окружающей среды	0,9	1,1	0,9	1,1

Примечание. 1. Корректирование нормативов производится для серийных моделей автомобилей, в конструкции которых не учтены специфические особенности работы в данных районах. 2. Районирование территории по природно-климатическим условиям приведено в приложении 4. 3. Для районов не указанных в приложении 4, коэффициент корректирования  $K$  равен единице. 4. Агрессивность окружающей среды учитывается и при постоянном использовании подвижного состава для перевозки химических грузов, вызывающих интенсивную коррозию деталей.

Таблица П.5.5

## Коэффициенты учета степени изношенности автомобилей

## 1. При корректировании удельной трудоемкости текущего ремонта

Пробег с начала эксплуатации в долях от нормативного пробега до капитального ремонта	Коэффициент $K_4$		
	типа подвижного состава		
	грузовые	автобусы	легковые
1	2	3	4
До 0,25	0,4	0,5	0,4
От 0,25 до 0,50	0,7	0,8	0,7

## Окончание табл. П.5.5

1	2	3	4
От 0,50 до 0,75	1,0	1,0	1,0
От 0,75 до 1,00	1,2	1,3	1,4
От 1,00 до 1,25	1,3	1,4	1,5
От 1,25 до 1,50	1,4	1,5	1,6
От 1,50 до 1,75	1,6	1,8	2,0
От 1,75 до 2,00	1,9	2,1	2,2
2,00 и выше	2,1	2,5	2,5

## 2. При корректировании простоев в техническом обслуживании и ремонте

До 0,5	0,7	0,7	0,7
От 0,5 до 0,75	1,0	1,0	1,0
От 0,75 до 1,0	1,2	1,3	1,3
Свыше 1,0	1,3	1,4	1,4

Таблица П.5.6

Нормативы трудоемкости технического обслуживания и текущего ремонта  
подвижного состава

Типы подвижного состава	Марки и модели подвижного состава	Нормативы трудоемкости, чел.-ч.			
		на одно ТО			на 1000 км пробега
		ЕО	ТО-1	ТО-2	текущий ремонт
1	2	3	4	5	6
<b>Легковые автомобили</b>					
Малого класса (рабочий объем двигателя 1,2...1,8 л, сухая масса автомобиля 850-1500 кг)	ВАЗ, ИЖ, АЗЛК	0,30	2,3	9,2	2,8
Среднего класса (1,8-3,5 л, 1150-1500 кг)	ГАЗ-24-01	0,35	2,5	10,5	3,0
	ГАЗ-24-07	0,50	2,9	11,7	3,2
	ГАЗ-24-27	0,50	3,3	12,3	3,4
<b>Автобусы</b>					
Особо малого класса (длина до 5 м)	РАФ-2203	0,50	4,0	1,0	4,5

Продолжение табл. П.5.6

1	2	3	4	5	6
Малого класса (6,0-7,5 м)	ПАЗ-672	0,70	5,5	18,0	5,3
	КАВЗ	0,70	5,5	18,0	5,5
Среднего класса (8,0...9,5 м)	ЛАЗ-695Н				
	ЛАЗ-697Н				
	ЛАЗ-697Р	0,80	5,8	24,0	6,2
	ЛАЗ-695НГ	0,95	6,6	25,8	5,6
Большого класса (10,5...12,0 м)	ЛиАЗ-677М	1,00	7,5	31,5	6,8
	ЛиАЗ-677Г	1,15	7,9	32,7	7,0
	Икарус-250,255	1,40	10,0	40,0	9,0
	Икарус-260	1,20	9,5	35,0	8,5
	Икарус-280	1,80	13,5	47,0	11,0
Грузовые автомобили общетранспортного назначения					
Особо малой грузоподъемности (полезная нагрузка от 0,3 до 1,0 т)	ИЖ-27151	0,2	2,2	7,2	2,8
	ЕрАЗ-762А,В	0,3	1,4	7,6	2,9
Малой грузоподъемности (от 1,0 до 3,0 т)	УАЗ-451М,ДМ	0,30	1,5	7,7	3,6
	ГАЗ-52-04	0,40	2,1	9,0	3,6
1,0 т	ГАЗ-52-07	0,55	2,5	10,2	3,8
	ГАЗ-5227	0,55	2,9	10,8	4,0
	ГАЗ-53А	0,42	2,2	9,1	3,7
Средней грузоподъемности (от 3,0 до 5,0 т)	ГАЗ-53-07	0,57	2,6	10,3	3,9
	ГАЗ-53-27	0,57	3,0	10,9	4,1
	ГАЗ-53А	0,42	2,2	9,1	3,7
Большой грузоподъемности (от 5,0 до 8,0 т)	ЗИЛ-130	0,45	2,7	10,8	4,0/3,6*
	ЗИЛ-138	0,60	3,1	12,0	4,2/3,8*
	ЗИЛ-138А	0,60	3,5	12,6	4,4/4,0*
	КАЗ-608В	0,35	3,5	11,6	4,5
	Урал-377	0,55	3,8	16,5	6,0
	Урал-377	0,55	3,8	16,5	6,0
Особо большой грузоподъемности (8,0 т и более)	МАЗ-5335	0,30	3,2	12,0	5,8
	МАЗ-500А	0,30	3,4	13,8	6,0
	КамАЗ-5320**	0,50	3,4	14,5	8,5
	КрАЗ-257	0,50	3,5	14,7	6,2
	БелАЗ-540	1,20	13,5	60,5	20,35
12,0 т	БелАЗ-548	1,20	13,7	67,2	24,95
25,0 т и более	БелАЗ-548	1,20	13,7	67,2	24,95

1	2	3	4	5	6
Прицепы и полуприцепы					
Одноосные прицепы малой и средней грузоподъемности (полезная нагрузка до 3,50 т)	Все модели	0,1	0,4	2,1	0,4
Двухосные прицепы средней и большой грузоподъемности (до 8,0 т)	-----*-----	0,2-0,3	0,8-0,1	4,4-5,5	1,2-1,4
Полуприцепы особо большой грузоподъемности (8,0 т и более)	-----*-----	0,2-0,3	0,8-1,0	4,2-5,0	1,1-1,45

Таблица П.5.7

**Коэффициенты учета нормативов трудоемкости  
технического обслуживания текущего ремонта в зависимости от количества  
обслуживаемых автомобилей в автотранспортном предприятии  
и количество технологически совместимых групп подвижного состава**

Количество автомобилей, обслуживаемых и ремонтируемых с автотранспортным предприятием	Коэффициент $K_5$		
	количества технологически совместимых групп подвижного состава		
	До 3	3	Более 3
До 100 автомобилей	1,15	1,20	1,30
От 100 до 200 автомобилей	1,05	1,10	1,20
От 200 до 300 автомобилей	0,95	1,00	1,10
От 300 до 600 автомобилей	0,85	0,90	1,05
От 600 и более	0,80	0,85	0,95

Примечание. 1. Распределение подвижного состава по технологически совместимым группам при производстве технического обслуживания и текущего ремонта приведено в [4].

2. Количество автомобилей в технологически совместимой группе должно быть не менее 20 единиц.

Таблица П.5.8

**Трудоемкости диагностирования автомобилей**

Тип автомобилей	Трудоемкость, чел.-ч.	
	Д-1	Д-2
Легковые	0,5	1,2
Автобусы	0,6	1,5
Грузовые	0,4	1,0

Таблица П.5.9

## Распределение работ по самообслуживанию предприятия

Виды работ	%	Виды работ	%
Электротехнические	25	Медицинские	1
Ремонтно-строительные	6	Жестяницкие	4
Сантехнические	22	Сварочные	4
Слесарные	16	Механические	10
Выполняемые в ОГМ	69	Столярные	10
		Кузнечные	2
		Выполняемые в производственных цехах	31
ВСЕГО:			100

Таблица П.5.10

## Годовые фонды времени штатных рабочих (из ОНТП-АТС-СТО-80)

Профессия рабочих	Число дней основного отпуска в году	Годовой фонд штатного рабочего, ч.	Коэффициент штатности
Мойщики и уборщики подвижного состава	15	1860	0,93
Слесари по ТО и ТР по ремонту агрегатов и узлов, мотористы, электрики, шиномонтажники, слесари-станочники, столяры, обойщики, арматурщики, жестяники, слесари по ремонту оборудования	18	1840	0,93
Слесари по ремонту приборов системы питания, аккумуляторщики, кузнецы, медники, сварщики, вулканизаторщики	24	1820	0,92
Маляр	24	1610	0,90

Таблица П.5.12

## Примерное среднее число рабочих на одном посту зон ТО и ТР

Виды и методы ТО и ТР	Число рабочих на одном посту при ТО и ТР автомобилей			
	грузовых	автобусов	легковых	автобусов
ЕО:				
Уборка и обтирка	1...2	1...3	2...3	3...6
Шланговая мойка	1	1...2	1	1...2
Механизированная мойка	1	1	1	1
D-1, D-2	1...2	1...2	1...2	1...2
ТО-1, ТО-2:				
поточный метод	2...4	3...5	3...4	4...5
на тупиковых постах	2...3	2...4	2...3	2...4
комплексно-поточный метод ТО	3...4	3...5	3...4	4...5
единое ТО на потоке	3...4	3...5	3...4	4...5
ТО-2 при агрегатно-зональном методе	1...2	1...2	1...2	1...2

Таблица П.5.13

## Примерное распределение трудоемкости ЕО по видам работ при мойке немеханизированным способом, %

Виды работ	Тип подвижного состава			
	легковые	автобуса	грузовые	прицепы и полуприцепы
Уборочные	30	45	23	25
Моечные	53	35	65	65
обтирочные	15	20	12	10

Таблица П.5.14

## Коэффициент плотности расстановки оборудования и значения удельных площадей

Наименование помещений (цехов)	Коэффициент плотности оборудования	Удельная площадь на одного работающего, м <sup>2</sup>
1	2	3
Зоны обслуживания и ремонта (в среднем)	4,5	-
Кузнечно-рессорный	4,5...5,5	20/15
Деревообделочный	4,0...5,0	15/12
Сварочный	4,0...5,0	15/10
Жестяницкий	3,0...4,0	12/10
Медницкий	4,0...5,0	10/8
Арматурный	3,5...4,5	8/5

1	2	3
Моторный	3,5...4,5	15/12
Агрегатный	3,5...4,5	15/12
Шиномонтажный	3,5...4,5	15/10
Шиноремонтный	4,0...5,0	15/10
Кузнечный	3,5...4,5	30/15
Малярный цех (без автомобиля)	3,0...4,0	10/8
Слесарно-механический	3,0...4,0	12/10
Аккумуляторный	3,0...4,0	15/10
Электротехнический	3,0...4,0	10/5
Карбюраторный	3,0...4,0	8/5
Обойный	3,5...4,5	10/5
ОГМ		15/12
Склад запасных частей и материалов, склад агрегатов, инструментальный, склад резины, склад смазочных материалов	2,5	-

Примечание. Для кузовного цеха удельная площадь приведена с учетом постановки автомобиля в цех. В числителе указана площадь на первое рабочее место, а в знаменателе – на каждое последующее.

Таблица П.5.15

Удельные площади складских помещений на 1 млн. км пробега  
(ОНТП-АТП-СТО-80)

Наименование складских помещений	Площадь на 1 млн. км пробега, м <sup>2</sup>			
	легковые автомобили	автобусы	грузовые автомобили	прицепы и полуприцепы
Запасных частей	1,6	3,0	3,5	0,9
Агрегатов	2,5	6,0	5,5	-
Материалов	1,5	3,0	3,0	0,6
Шин	1,5	3,2	2,3	1,7
Смазочных материалов с насосной	2,6	4,3	3,5	-
Лакокрасочных материалов	0,6	1,5	1,0	0,4
Химикатов	0,15	0,23	0,25	-
Инструментально-раздаточная кладовая	0,15	0,25	0,25	-
Промежуточный склад	15...20%	суммарные площади склада запасных частей и агрегатов		

Примечание. Удельные площади приведены для предприятий со списочным составом одной модели.

Таблица П.5.16

## Коэффициенты учета типа подвижного состава

Типы подвижного состава	Классы подвижного состава	Значение
Легковые автомобили	Особо малого и малого класса	0,7
	Среднего класса	1,0
Автобусы	Особо малого класса	0,3
	Малого класса	0,6
	Среднего класса	0,8
	Большого класса	1,0
	Особо большого класса	1,6
Грузовые автомобили	Особо малой и малой грузоподъемности	0,4
	Средней грузоподъемности	0,6
	Большой грузоподъемности	1,0
	Особо грузоподъемности	1,5
	Внедорожные автомобили-самосвалы	2,6

Таблица П.5.17

## Коэффициенты учета списочного количества подвижного состава

Списочное число автомобилей	Значение		
	АТП комплексного типа	головное предприятие	филиалы
до 100	1,4	-	0,5
101-200	1,2	-	0,4
201-300	1,0	-	0,3
301-500	0,9	-	-
501-700	0,8	0,8	-
701-1000	-	0,7	-
свыше 1000	-	0,6	-

Таблица П.5.18

## Нормы расхода смазочных материалов

Виды смазочных материалов	Единица измерения	Норма расхода смазочных материалов на 100 л топлива для автомобилей и автобусов, работающих	
		на бензине	на дизельном топливе
Моторные масла	л	2,8	4,0
Трансмиссионные масла	л	0,3	0,4
Специальные масла	л	0,1	0,1
Консистентные смазки	кг	0,2	0,3

Примечание. 1. Для автобусов ЛиАЗ-677 норма увеличивается до 0,3 л. 2. Для автомобилей и автобусов, находящихся в эксплуатации менее трех лет, норма расхода масла и смазок снижается до 50%, а при эксплуатации более 8 лет увеличивается до 20%.



Таблица П.5.19

Расход запасных частей, металлов и материалов  
в процентах от массы автомобиля на 10 тыс. км пробега

Объект хранения	Автомобили		
	грузовые	легковые	автобусы
Запасные части	1,0...2,5	2,5...5,0	1,0...2,0
Металлы и металлические изделия	1,0...1,5	0,7...1,3	0,8...2,0
Лакокрасочные изделия и химикаты	0,15...0,3	0,5...1,0	0,15...0,4
Прочие материалы	0,15...0,25	0,25...0,5	0,25...0,5

Таблица П.5.20

Распределение трудоемкости текущего ремонта между БЦТО и АТП, %

Виды работ	Грузовые автомобили		Автобусы		Легковые автомобили	
	БЦТО	АТП	БЦТО	АТП	БЦТО	АТП
Контрольно-регулирующие	-	6	-	4	-	7
Разборочно-сборочные	21	7	18	6	18	7
Ремонт агрегатов и узлов	18	-	14	-	15	-
Электротехнические и аккумуляторные	5,5	2,5	6,5	3	6	4
Ремонт систем питания	2	1	2	1	2	0,5
Шиномонтажные	-	1	-	-	-	2
Вулканизационные	1	-	1	-	1	-
Медицинские	2	0,5	3	-	1,5	-
Жестяницкие	1,5	-	1	-	4	-
Сварочные	1	1	2	1	2	1,5
Кузнечно-рессорные	4	-	4	-	2	-
Столярные	4	-	-	-	-	-
Арматурно-кузовные	1	-	6	2	4	-
Обойные	1	-	5	-	3,5	-
Малярные	4	-	8	-	8	-
Слесарно-механические	12	2	9	2	8	2
Ремонт радиооборудования и таксометров	1	-	0,5	-	1	-
Итого:	79	21	80	20	76	24

Таблица П.5.21

Распределение объемов работ по ТО и ТР автомобилей  
между головным предприятием и его филиалами, %

Виды воздействия и работ	Головное предприятие	Филиалы
ТО-1	30...50	50...70
ТО-2	100	-
ТР	80...85	15...20
Постоянные работы ТР	65...75	25...35
Выполнение в цехах работы по ТР		
электромеханические	65...75	25...35
приборов системы питания	65...75	25...35
шиномонтажные	30...50	50...70
жестяницкие	60...80	20...40
сварочные	55...75	25...45
аккумуляторные	75...95	5...25
слесарно-механические	85...95	5...15
арматурные	85...95	5...15
агрегатные, вулканизационные, деревообрабатывающие, кузнечные, малярные	100	-

Примечание. Централизация ТО-1 и ТО-2 предусматривается в пределах экономически оправданных расстояний перегона автомобилей на головные предприятия.

Примерное распределение трудоемкости ТО и ТР автомобилей  
по видам работ, % (из ОНТП-АТП-СТО-80)

Виды работ	Автомобили				Прицепы и полупри- цепы
	легковые	автобусы	грузовые	внедорож- ные	
1	2	3	4	5	6
Ежедневное обслуживание					
Уборочные	86...90	80...90	70...90	70...60	60...75
Моечные	10...20	10...20	10...30	20...30	25...40
Итого:	100	100	100	100	100
Первое техническое обслуживание					
Диагностические	12...16	5...9	8...10	5...9	3,5...4,5
Крепежные	40...48	44...52	32...38	33...39	35...45
Регулировочные	9...11	8...10	10...12	8...10	8,5...10,5
Смазочные, заправоч- но-очистительные	17...21	19...21	16...26	20...26	20...26
Электротехнические	4...6	4...6	10...13	8...10	7..8
По обслуживанию системы питания	2,5...3,5	2,5...3,5	3...6	6...8	-
Шинные	4...6	3,5...4,5	7...9	8...10	15...17
Итого:	100	100	100	100	100
Второе техническое обслуживание					
Диагностические	10...12	5...7	6...10	3...5	0,5...1,0
Крепежные	36...40	46...52	33...37	38...42	60...66
Регулировочные	9...11	7...9	17...19	15...17	18...24
Смазочные, заправоч- но-очистительные	9...11	9...11	14...18	14...16	10...12
Электротехнические	6...8	6...8	8...12	6...8	1,0...1,5
По обслуживанию системы питания	2...3	2...3	7...14	14...17	-
Шинные	1...2	1...2	2...3	2...3	12,5...3,5
Кузовные	18...22	15...17	-	-	-
Итого:	100	100	100	100	100
Текущий ремонт					
Работы, выполняемые на постах зоны ремонта					
Диагностические	1,5...2,5	1,5...2	1,5...2	1,5...2	1,5...2
Регулировочные	3,5...4,5	1,5...2	1,0...1,5	2,5...3,5	0,5...1,5
Разборочно-сборочные	28...32	24...28	32...37	29...32	28...31

1	2	3	4	5	6
Работы, выполняемые в цехах (и частично на постах)					
Агрегатные	13...15	16...18	18...20	17...19	-
в т.ч. ремонт двигателя	5...6	6,5...7	7...8	7...8	-
ремонт сцепления, карданной передачи, стояночной тормозной системы, регулятора подъемного механизма	3,5...4	4...5	5...5,5	4,5...5	-
ремонт рулевого управ- ления, переднего и зад- него мостов, тормозных систем	4,5...5	5,5...6	6...6,5	5,5...6	-
Слесарно-механические	8...10	7...9	11...13	7...9	19...14
Электротехнические	4...5,5	8...9	4,5...7	5...7	1,5...2,5
Аккумуляторные	1...1,5	0,5...1,5	0,5...1,5	0,5...1,5	1,5...2,5
Ремонт приборов си- стем питания	2...2,5	2,5...3,5	3...4,5	3,5...4,5	-
Шиномонтажные	2...2,5	2,5...3,5	0,5...1,5	9...11	1,5...2,5
Вулканизационные	1...1,5	0,5...1,5	0,5...1,5	1,5...2,5	1,5...2,5
Кузнечно-рессорные	1,5...2,5	2,5...3,5	2,5...3,5	2,5...3,5	8...10
Медницкие	1,5...2,5	1,5...2,5	1,5...2,5	1,5...2,5	0,5...1
Сварочные	1...1,5	1...1,5	0,5...1	1...1,5	3...4
Жестяницкие	1...1,5	1...1,5	0,5...1	0,5...1	0,5...1
Сварочно-жестяницкие					
Арматурные	6...8	6...7	1...2	3,5...4	9...10
Деревообрабатываю- щие	3,5...4,5	5...5	0,5...1,5	0,5...1,5	0,5...1
Обойные	-	-	2,7...7,5	-	16...18
Малярные	3,5...4,5	2...3	1...2	0,5...1,5	-
	6...10	7...9	4...6	2,5...3,5	5...7
Итого:	100	100	100	100	100

Примечание. 1. Распределение трудоемкости ТР грузовых автомобилей прицепов и полуприцепов приведено для подвижного состава с деревянными кузовами. 2. Распределение трудоемкости ЕО приведено для механизированной мойки автомобилей. 3. Данные по агрегатным работам примерные и могут меняться в зависимости от условий работы конкретных АТП.

Таблица П.6.1.2

Примерное распределение трудоемкости ТО и ТР подвижного состава  
по агрегатам и системам и узлам, %

Агрегаты системы и узлы	Автомобили			Прицепы и полу- прицепы
	легковые	автобусы	грузовые	
1	2	3	4	5
Двигатель, включая системы охлаждения, смазки и выпуска	6,0	3,5	5,0	0
Система питания двигателя	5	2,5	5	0
Коробка передач и сцепление	2	4,6	2,6	0
Карданная передача	1	2	2	0
Задний мост	1	3	4,5	0
Передник мост и рулевое управление	9	1	7,2	0
Тормозная система	8	7,7	9,5	9,5
Ходовая часть	15	16,5	14	48
Система электрооборудования	11	11	12,2	2,5
Кузов	10,5	18,2	9,2	13
Смазочные и очистительные работы	28	31,5	23	23
Общий осмотр	3,5	2	0,8	4
Второе техническое обслуживание				
Двигатель, включая системы охлаждения, смазки и выпуска	10,8	6,7	8,9	0
Система питания двигателя	4,5	2,5	10	0
Коробка передач и сцепление	2	2,5	3,3	
Карданная передача	0,5	1,5	1	
Задний мост	1	1,5	1,5	
Передник мост и рулевое управление	4,5	4	4,5	
Тормозная система	22,3	15	22,1	27,5
Ходовая часть	13,6	14	16,8	43,5
Система электрооборудования	17	12,5	9	3,5
Кузов	8	22,5	4,9	8
Смазочные и очистительные работы	15,2	16,5	17	12
Общий осмотр	0,8	0,8	1	1,6
Текущий ремонт				
Двигатель	18	15	20	0

## Окончание табл. П.6.1.2

1	2	3	4	5
Система питания	2,5	5	4,5	0
сцепление	2	3	3	0
Коробка передач	4	3,5	6	0
Карданная передача	1	2,5	2	0
Задний мост	4	3,5	6	0
Передний мост и рулевое управление	8	8	7	0
Ходовая часть	0,8	10,5	10	30
Шины	2,2	2,5	4,5	4
Тормозная система	14	15	14	37
Система электрооборудования	11,5	13	9,5	3
Кузов	17	13,5	11,5	26

Таблица П.6.2

## Примерное распределение работы по постам поточных линий

ТО	Число постов на линии	Распределение работ по постам				
		1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	
ЕО	3	Уборочные	Моечные	Обтирочные и заправочные		
ЕО	4	Уборочные	Моечные	Обтирочные	заправочные	
ТО-1	2	Диагностические, регулировочные, крепежные, электротехнические, шинные	Смазочные			
ТО-2	3	Диагностические, регулировочные, крепежные, внешний осмотр автомобиля: системы питания, Рулевого управления, постановки передних колес	Диагностические, регулировочные, крепежные (установка фар, системы сигнализации, тормозная система)	Смазочные, заправочные, очистительные		

## Окончание табл. П.6.2

1	2	3	4	5	6
ТО-1	4	Диагностические, регулировочные, крепежные, внешний осмотр автомобиля: системы питания, зажигания, сигнализации, установки фар	Диагностические, регулировочные, крепежные, шинные, установка и регулировка передних колес	Диагностические, регулировочные, крепежные, сцепления, тормозная система	Смазочные, заправочные, очистительные
		Работы по системе питания и электрооборудования, связанные с пуском двигателя	Работы по агрегатам и узлам, системам не связанные с пуском двигателя	Смазочные, заправочные, очистительные	Контрольные, регулировочные очистительные работы после ТО, Проверки качества ТО

Таблица П.6.3

## Значения основных величин для расчета площадей контрольных санитарно-бытовых помещений

Наименование помещений	Категория работников	$\alpha$ , %	$\rho$	$f_p$ , м <sup>2</sup>	Примечание
1	2	3	4	5	6
Отделы	Служащие	100	1	4,0	Списочное количество
Зал собраний	Все категории	30	1	1,2/0,9	До 100 чел. от 100 и выше
Спортплощадка	То же	100	1	1	На территории
Комната для водителей	Водители, кондукторы	30	1	1,5	Не менее 18 м <sup>2</sup>
Буфет	Все категории	100	5	1	-«-
Столовая	То же	100	3	1	-«-
Вестибюль	Служащие	100	1	0,27	-«-
Гардеробы	-«-	100	1	0,1	Открытые
-«-		100	1	0,1	-«-
-«-	Рабочие	100	1	0,25	Закрытые

## Окончание табл. П.6.3

1	2	3	4	5	6
Умывальники	Рабочие, служащие	100	15...20	0,8	-«-
-«-	Водители	30	7...15	0,8	
Душевые	-«-	30	7...15	2,0	
-«-	Рабочие	100	3...5	2,0	
туалеты	Мужчины	100	30	2,5	Не далее 7,5 м
-«-	Женщины	100	15	2,5	От рабочего места
Курительная	Женщины	100	1	0,01	Не далее 7,5 м
-«-	Мужчины	100	1	0,03	И не менее 9 м <sup>2</sup>

Примечание. Расчет производится по формуле:  $F = \frac{a}{100 \cdot \rho} \cdot f_p \cdot \sum p$ ,

где  $a$  – процент одновременно пользующихся помещением;  $\rho$  – коэффициент пропускной способности единицы оборудования или площади;  $f_p$  – удельная санитарная норма площади на одного исполнителя, м<sup>2</sup>;  $\sum p$  – суммарная численность работников.

## Таблица П.6.4

## Площадь общественных помещений

Наименование помещений	Категория работников	%	При численности, чел	Площадь, м <sup>2</sup>
Общественные организации	Все категории	100	до 500	48
-«-		100	501...1000	72
-«-		100	1001...3000	144
Комната отдыха		100	151...200	18
-«-		100	201...400	30
-«-		100	401...600	45
-«-		100	601...800	60
Кабинет безопасности движения	Водители	100	До 1000	25
-«-	-«-	100	1001...3000	50
Медпункт	Рабочие, служащие	100	До 300	20
-«-	Водители, кондукторы	20	301...80 и больше	48



Таблица П.6.5

## Значение коэффициента плотности расстановки автомобилей

Тип автомобиля	Открытое хранение		Закрытое хранение	
	одиночные автомобили	автопоезда	без проезда	с проездом
Автобусы	2,3...2,4	3,6...3,8	1,7...1,8	1,8...2,0
Грузовые (бортовые)	2,4...2,5	3,8...4,0	1,8...1,9	1,9...2,1
Грузовые самосвалы, тягачи	2,5...2,7	4,0...4,3	1,9...2,0	2,1...2,3
Легковые	2,7...2,9		2,0...2,1	2,2...2,4

Примечание. Расчет производится по формуле  $F = A_u \cdot f_a \cdot q$ ,

где  $K_q$  – коэффициент плотности расстановки автомобилей.

Таблица П. 3.6

Нормы пробега основных агрегатов автомобилей  
до первого капитального ремонта, тыс. км

Модели подвижного состава	Агрегаты					
	двигатель	коробки передач	раздаточное или дополнительное устройство	передний мост	задний (средний мост)	рулевое управление
1	2	3	4	5	6	7
ГАЗ-24	200	250		300	300	300
ПАЗ-672	180	180		180	180	150
ЛАЗ-695	160	160		160	250	160
ЛАЗ-697	180	160		160	250	180
ЛиАЗ-677	200	200		210	300	200
Икарус-250960, 280	300	300		300	300	300
УАЗ-452	105	100	100	100	100	100
ГАЗ-53А	200	200		200	200	200
ЗИЛ-130	200	300		300	300	300
МАЗ-500А	250	200		250	250	250
КрАЗ-256Б1	160	160	160	160	160	160
КраАЗ-257.258	225	225	250	250	250	250

Окончание табл. П.6.6

1	2	3	4	5	6	7
БелАЗ-540	80	100	120	120	120	120
БелАЗ-548	60	80	120	120	120	120
Урал-377	125	150	150	150	125	150
Урал-375Д	125	150	150	125	125	150

Примечание. Указанные нормы являются минимальными для 1 категории условий эксплуатации в центральной климатической зоне.

Таблица П.6.7

Нормы пробега основных агрегатов автомобилей  
до первого капитального ремонта, тыс. км

Модели автомобилей	Вес автомобиля	Масса агрегатов					
		двигатель	коробки передач	задний (средний мост)	передний мост	карданные валы	кузов
ГАЗ-24	1420	175	26	85	100	9	700
ПАЗ-672	4535	280	51	280	196	27	2317
ЛАЗ-695	6850	500	120	655	304	16	3080
ЛАЗ-697	8380	508	250	670	398	95	3405
ЛиАЗ-677	9000	863	209	725	465	26	
УАЗ-452	1670	175	28	90	60	7	230
ГАЗ-53А	3250	280	51	280	142	27	535
ЗИЛ-130	4300	500	120	432	358	38	654
МАЗ-500А	6600	980	215	825	345	41	800
КамАЗ-5320	7080	830	320	540(580)	320	51	800
Урал-377	7275	556	234	590(590)	320	186	1270
БелАЗ-540	21000						
БелАЗ-548	28800						
ЛАЗ-4202	8600	765	350	730	470	23	-

Примечание. 1. Вес со сцеплением и коробкой передач. 2. Без раздаточной коробки.

## Районирование территории по природно-климатическим условиям

Природно-климатический район	Административно-территориальная единица
Очень холодный	Якутская обл., Магаданская обл., Таймырский авт. округ., Эвенкийский авт. округ
Холодный	Тюменская обл., Красноярский край (за исключением Таймырского и Эвенкийского округов), республика Бурятия, Читинская обл., Хабаровский край, Таманская обл., Иркутская обл.
Умеренно-холодный	Коми, Пермская обл., Свердловская обл., Тувинская авт. обл., Челябинская обл., Курганская обл., Кемеровская обл., Башкортостан, Омская обл., Удмуртия, Алтайский край, Архангельская обл., Приморский край, Сахалинская обл., Камчатская обл., Восточно-Казахстанская обл., Северо-Казахстанская обл., Мурманская обл., Карелия
Умеренно-теплый, умеренно теплый влажный, теплый влажный	Эстония, Латвия, Литва, Калининградская обл., Белоруссия, Украина, Ростовская обл., Краснодарский край., Ставропольский край, Чечня, Дагестан, Грузия, Армения, Азербайджан
Жаркий сухой	Таджикистан, Казахстан (за исключением областей умеренно-холодного климатического района), Киргизия
Очень жаркий сухой	Туркмения, Узбекистан
Умеренный	Остальные районы РФ
С высокой агрессивностью окружающей среды	Прибрежные районы Черного, Каспийского, Аральского, Азовского, Балтийского, Белого, Баренцева, Карского, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского, Чукотского, Берингова, Охотского и Японского морей (с шириной полосы до 5 км)

## Классификация условий эксплуатации

Условия движения		
За пределами пригородной зоны (более 50 км от границы города)	В малых городах (до 100 тыс. жителей) и в пригородной зоне	В больших городах (более 100 тыс. жителей)
Цементобетон, асфальтобетон		
Цементобетон, асфальтобетон от 1000 до 2000 м	Цементобетон, асфальтобетон до 2000 м	
Битумоминеральные смеси – до 2000 м	Битумоминеральные смеси – до 200 м	
Щебень гравий-дегтебетон до 1000		
Цементобетон, асфальтобетон, битумоминеральные смеси – выше 2000 м	Цементобетон, асфальтобетон выше 2000 м	Цементобетон, асфальтобетон для всех типов рельефа местности. Битумоминеральные смеси – до 2000 м
Щебень гравий-дегтебетон выше 1000		
	Щебень гравий-дегтебетон до 1000	
Булыжник, колотый камень, малопрочный камень и грунт, обработанные вяжущими материалами; зимники – до 200 м		Булыжник, колотый камень, малопрочный камень и грунт, обработанные вяжущими материалами – до 200 м
Тип дорожного покрытия – высота расположения дороги над уровнем моря		
		Битумоминеральные смеси – выше 2000 м.
	Щебень гравий-дегтебетон до 1000	
Булыжник колотый камень, малопрочный камень и грунт, обработанные вяжущими материалами; зимники – выше 200 м		Булыжник, колотый камень, малопрочный камень, обработанный вяжущими материалами – выше 200 м
Грунтовые, обработанные вяжущими материалами, бревенчатые – до 200 м		
Естественные грунтовые дороги, временные внутрикарьерные и отвальные дороги; временные подъездные пути, не имевшие твердого покрытия для всех типов рельефа местности		

Примечание. Тип рельефа местности определяется высотой над уровнем моря (равнинный – до 200, слабохолмистый от 300 до 1000, гористый – от 1000 до 2000, горный – выше 2000 м).

Таблица П.6.10

## Периодичности технического обслуживания подвижного состава

Типы подвижного состава	Периодичности технического обслуживания, км	
	ТО-1	ТО-2
Легковые	4000	16000
Автобусы	4000	16000
Грузовые и автобусы на базе грузовых автомобилей	3500	14000

Примечание. Периодичность ТО автомобилей КАЗ-5335 составляет 4000 км для ТО-1 и 16000 км для ТО-2.

Таблица П.6.11

## Основные геометрические размеры отечественных автомобилей

Модели подвижного состава	Габаритные размеры, мм			База, мм	Передний вес, мм	Номинальный габаритный радиус поворота	Колея, мм	
	длина	ширина	высота				передних колес	задних колес
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ГАЗ-24	4735	1820	1490	2800	756	6,0	1470	1420
ПАЗ-672	7150	2440	2952	3600	1200	9,5	1940	1690
ЛАЗ-696, 697	9190	2500	2900	4190	2070	9,5	2116	1850
ЛАЗ-4202	9700	2500	2925	4370	2400	9,7	2100	1880
ЛиАЗ-677	10450	2500	2990	6150	2250	11,0	2152	1880
УАЗ-452Д	4460	2044	2070	2300	980	6,8	1442	1442
ГАЗ-63А	6395	2380	2220	3700	886	9,0	1630	1690
ЗИЛ-130	6675	2500	2400	3800	1075	9,6	1800	1790
КамАЗ-6320	7395	2496	2910	3190, 1320	1235	9,3	2010	1850
МАЗ-500А	7140	2500	2640	3950	1300	9,5	1970	1865
МАЗ-5335	7250	2500	2720	3950	1300	9,5	1970	1865
КрАЗ-256Б1	8600	2640	2830	4080, 1400	1005	14,7	1950	1920
Урал-375	7611	2500	2600	3525, 1400	1247	11,4	2000	2000
КАЗ-609	5165	2360	2500	2900	1435	8,6	1800	1790
ВелАЗ-540А	7250	3480	3580	3350		8,7	2800	2400
БелАЗ-54ВА	8120	3790	3800	4200		10,2	2800	2537

Учебное издание

**Кузнецов Сергей Александрович  
Янзин Владимир Михайлович  
Сазонов Дмитрий Сергеевич  
Ерзамаев Максим Павлович**

## **ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

**Методические указания**

для выполнения курсового проекта по дисциплине  
«Основы технической эксплуатации автомобилей»

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 14.10.2014. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 4,19, печ. л. 4,5.  
Тираж 50. Заказ №221.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА  
446442, Самарская обл., пос. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47  
Факс 46-6-70.  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)



Министерство сельского хозяйства  
Российской Федерации  
Федеральное государственное  
бюджетное образовательное  
учреждение высшего  
профессионального образования  
«Самарская государственная  
сельскохозяйственная академия»  
Кафедра «Технический сервис»

# **Учебная практика в мастерских**

**Методические указания**

Кинель  
РИЦ СГСХА  
2014

УДК 621.9  
ББК 34.671  
У-91

**У-91** Учебная практика в мастерских : методические указания / сост. М. П. Макарова, В. В. Шигаева. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2014. – 33 с.

В методических указаниях представлены индивидуальные задания и требования к выполнению отчёта по учебной практике в мастерских.

Методические указания предназначены для бакалавров, обучающихся по направлениям: 110800.62 – «Агроинженерия», 051000.62 – «Профессиональное обучение», 190600.62 – «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

© ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2014  
© Макарова М. П., Шигаева В. В., составление, 2014



## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	4
Общие требования к оформлению отчёта.....	5
Варианты индивидуальных заданий.....	9
Тесты для самоконтроля.....	15
Критерии оценки защиты отчета по учебной практике в мастерских.....	22
Приложение.....	23
Рекомендуемая литература.....	32

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Цель данных методических указаний – помочь студентам самостоятельно подготовить отчёт по учебной практике в мастерских. Учебная практика является составной частью основной образовательной программы высшего профессионального образования и представляет собой одну из форм организации учебного процесса, заключающуюся в профессионально-практической подготовке студентов в учебных мастерских ФГБОУ ВПО Самарской ГСХА.

Задача учебной практики в мастерских – это формирование следующих компетенций:

- стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, владение навыками самостоятельной работы;
- способность обеспечивать выполнение правил техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и норм охраны труда и природы;
- развитие профессионально важных качеств личности современного рабочего (специалиста).

Основным документом, подтверждающим выполнение программы учебной практики, регламентирующим учебную деятельность студента, сформированность компетенций и профессионально значимых качеств – является отчёт по практике. Руководитель практики от кафедры в соответствии с графиком прохождения учебной практики выдает индивидуальные задания по вариантам и указывает дату проверки отчёта. Далее отчёт студента проверяется на качество выполненного реферата, и в частности на плагиат. Отчет по практике состоит из двух частей. В первой части дается тема и план написания. Во второй части представлено задание по выполнению технологической карты изготовления металлического изделия «болт» или «гайка». В данном задании заложен метод направляющих текстов, основанных на образовательной технологии когнитивного инструктирования. Сущностью направляющего текста является кодирование и сообщение учащемуся с помощью словесно-знаковых средств информации сравнительно небольшого объема для индивидуального восприятия.

Для самостоятельной работы в методических указаниях представлены тематические тесты, которые обеспечивают студентам возможность проводить самоконтроль уровня знаний по изучаемым темам.

## **ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА**

Отчёт по учебной практике в мастерских выполняется в машинописном виде. Объём отчёта: 15-20 страниц формата А4.

Отчет содержит следующие структурные элементы:

титульный лист;

оглавление;

основная часть;

список используемой литературы и источников.

Примеры оформления представлены в приложениях 1-3.

### **Требования по оформлению текста**

Поля: левое 30 мм, правое 10 мм, нижнее 20 мм и верхнее – 15 мм. Интервал: основной текст и список используемой литературы и источников – 1,5 строки; примечания (постраничные сноски) – 1 (одинарный). Гарнитура: Times New Roman. Размер кегля: основной текст и список литературы – 14 пт.; примечания (постраничные сноски) – 10 пт. Название глав и параграфов – 16 пт., жирный. Название рисунков и таблиц: 14 пт.

Выравнивание: основной текст, список литературы и постраничные сноски – по ширине; названия глав и параграфов – по центру.

Абзацы печатаются с красной строки; от левого поля имеется отступ 1,25 см. Расстояние между абзацами = 0 (см. Формат □ → Абзац).

Расстояние между названиями глав и параграфов выдерживается в 1 интервал. Расстояние между текстом предыдущего параграфа и названием следующего должно равняться двум интервалам. Каждая глава начинается с новой страницы. После написания названия главы точку не ставят.

Нумерацию страниц в отчёте начинают с титульного листа, на котором номер страницы не ставится. Кроме титульного листа все страницы отчёта нумеруются арабскими цифрами, которые ставятся внизу страницы по центру. Кавычки должны иметь вид «Текст» (печатные кавычки). Использование кавычек вида “Текст” допускается лишь в случае двойного цитирования («Текст: “Текст1”»). Использование кавычек вида “Текст” не допускается.

### **Требования по оформлению рисунков**

Рисунки в тексте должны иметь сплошную нумерацию. Словом «рисунок» обозначаются все иллюстративные примеры, графики, диаграммы и т.п. На все рисунки должны быть указания в тексте отчета в следующем виде:

*Текст текст текст текст (рис. n\*). Текст текст текст текст.*

Пример оформления подрисуночной надписи.

*Рис. 5. Приспособления для плоскостной разметки*

### **Требования по оформлению таблицы**

Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами сквозной нумерацией. Каждая таблица должна иметь краткое, точное название, отражающее ее содержание. Слово «Таблица n\*» (где n\* – номер таблицы) следует помещать над таблицей справа. Название таблицы размещают на следующей строке, по центру страницы. Интервал между номером таблицы, названием таблицы и самой таблицей = 1 (одинарный). На все таблицы должны быть указания в тексте отчета в следующем виде:

*Текст текст текст текст (табл. n\*). Текст текст текст.*

Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. Столбцы таблицы должны быть пронумерованы (нумерация арабскими цифрами, под названиями столбцов).

Пример оформления таблиц.

Таблица 1

Режимы обработки деталей

<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>
1	2	3	4	5
<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>
<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>	<i>Текст</i>

При переносе части таблицы на другую страницу название помещают только над первой частью таблицы, нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят. Над другими частями пишут «Продолжение табл. n\*». Заголовки граф

и строк таблицы следует писать с прописной («большой») буквы в единственном числе, а подзаголовки граф – со строчной («маленькой») буквы, если они составляют одно предложение с заголовком, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

### **Правила оформления ссылок**

Ссылки на использованную литературу и источники оформляются следующим способом:

– в тексте («затекстовые ссылки»): после составления пронумерованного списка литературы в основном тексте работы приводятся указания на источники цитат, которые помещают в квадратные скобки (например, [24, с. 44], что означает 24-й источник, 44 страница).

### **Правила оформления списка литературы**

Список литературы должен включать не менее 5 источников и оформляться по следующим правилам (ГОСТ 7.1-2003).

В списке литературы сначала указываются источники законодательной базы (ГОСТы), затем – научные публикации (книги, статьи). Интернет сайты, послужившие материалами для отчёта, указываются в конце списка.

### **Обратите внимание!**

- После фамилии автора ставится запятая.
- Между точкой и двоеточием в обозначении издательства ставится пробел (М. : .....).
- После названия источника ставится пробел и через косую черту указываются инициалы и фамилия автора. Только затем пишутся выходные данные.
- Указание количества страниц в источнике обязательно.
- В конце литературного источника обязательно ставится точка.

### **Примеры оформления списка литературы**

#### **Описание нормативно-правовых актов**

ГОСТ 2310-77 Молотки слесарные стальные. Технические условия: межгосударственный стандарт. – М. : Стандартинформ. – 24 с.

### **Описание книги одного автора**

Новиков, В. Ю. Слесарь-ремонтник. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 304 с.

### **Описание книги 2-4-х авторов**

В заголовке описания книги двух, трех и четырех авторов приводят фамилию одного автора, как правило, первого из указанных на титульном листе.

Покровский, Б. С. Слесарное дело / Б. С. Покровский, В. А. Скакун. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 320 с.

Долгих, А. И. Слесарные работы : учебное пособие / А. И. Долгих, С. В. Фокин, О. Н. Шпортько. – М. : Альфа-М, 2014. – 528 с.

### **Описание книги, имеющей более 4-х авторов**

Долой библиотечные стандарты! / С. Д. Ильенкова, А. В. Бандурин, Г. А. Горбовцов [и др.] ; под ред. С. Д. Ильенкова. – М. : ЮТА, 2000. – 583 с.

### **Описание статей из газет, журналов, сборников**

Критиканов, И. Т. Поле чудес в стране... / И. Т. Критиканов, В. Н. Обьянов, Е. В. Русанов [и др.] // Бухгалтерский учет. – 1996. – №38. – С. 30-34.

### **Описание электронных ресурсов**

Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKIENKO\\_Nikolay\\_Ivanovich/Makienko\\_N.I..html](http://publ.lib.ru/ARCHIVES/M/MAKIENKO_Nikolay_Ivanovich/Makienko_N.I..html).

## **ВАРИАНТЫ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЗАДАНИЙ**

### **Вариант 1**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Плоскостная разметка».

1.1 Назначение разметки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Способы разметки.

1.4 Инструменты и приспособления для плоскостной разметки (виды инструментов, материалы).

1.5 Приемы плоскостной разметки. Накернивание разметочных линий.

1.6 Методы контроля плоскостной разметки. Брак при разметке.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 2**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Рубка металла».

1.1 Назначение и сущность рубки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Инструменты для рубки (режущие, ударные инструменты, заточка режущих инструментов, материалы).

1.4 Процесс и приемы рубки различных металлов.

1.5 Методы контроля и выявление брака при рубке.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 3**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Правка и рихтовка металла».

1.1 Назначение правки и рихтовки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Приспособления и инструменты для правки (виды инструментов, материалы).

1.4 Методы правки (правка ударной нагрузкой и давлением, методом подогрева, правка сварных изделий).

1.5 Методы контроля и выявление брака при правке металла.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 4**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Гибка металла».

1.1 Назначение и сущность гибки металла.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Приспособления и инструменты для гибки металла (виды инструментов, материалы).

1.4 Определение длины заготовки изогнутой детали.

1.5 Ручная гибка деталей из листового и полосового металла.

1.6 Методы контроля и выявление брака при гибке металла.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 5**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Резка металла».

1.1 Сущность и способы резки.

1.2 Безопасность труда на рабочем месте.

1.3 Инструменты и приспособления для резки металла (виды инструментов, материалы).

1.4 Правила резки.

1.5 Резка сортового, листового металла и труб.

1.6 Методы контроля и выявление брака при резке металла.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

#### **Вариант 6**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Опиливание металла».

1.1 Назначение опилования.



- 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Классификация напильников (по форме насечки, по крупности зуба, по форме сечения бруска, по назначению, материалы).
  - 1.4 Содержание напильников.
  - 1.5 Приемы и виды опилования.
  - 1.6 Методы контроля качества опилования и выявления брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 7**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.
- Тема: «Сверление».
- 1.1 Сущность сверления.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Части сверла, материалы.
  - 1.4 Ручное и механическое сверление.
  - 1.5 Способы крепления деталей при сверлении.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при сверлении.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 8**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.
- Тема: «Зенкерование, зенкование, развертывание».
- 1.1 Назначение зенкерования, зенкования и развертывания.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления.
  - 1.4 Приемы развертывания.
  - 1.5 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 9**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.
- Тема: «Нарезание резьбы».

- 1.1 Основные элементы и профили резьбы, виды крепежных резьб.
  - 1.2 Безопасность труда на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для нарезания внутренней и наружной резьбы.
  - 1.4 Материалы инструментов.
  - 1.5 Правила и приемы нарезания внутренней и наружной резьбы.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака при нарезании резьбы.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 10**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Шабрение».
  - 1.1 Сущность и назначение шабрения.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для шабрения.
  - 1.4 Виды и приемы шабрения.
  - 1.5 Методы контроля качества и выявление брака при шабрении.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 11**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.  
Тема: «Распиливание и припасовка».
  - 1.1 Сущность распиливания и припасовки.
  - 1.2 Техника безопасности на рабочем месте.
  - 1.3 Инструменты и приспособления для распиливания и припасовки.
  - 1.4 Приемы распиливания.
  - 1.5 Особенности обработки при припасовке.
  - 1.6 Методы контроля и выявление брака.
2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 12**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Притирка и доводка».

1.1 Назначение притирки и доводки.

1.2 Техника безопасности на рабочем месте.

1.3 Инструменты и приспособления для притирки и доводки.

Притирочные материалы.

1.4 Виды и способы притирки.

1.5 Виды и способы доводки.

1.6 Методы контроля и выявление брака.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 13**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Пространственная разметка».

1.1 Назначение и сущность пространственной разметки.

1.2 Техника безопасности на рабочем месте.

1.3 Приспособления для разметки (виды инструментов, материалы).

1.4 Приемы и последовательность разметки.

1.5 Методы контроля и выявление брака.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 14**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Пайка и лужение».

1.1 Назначение пайки и способы лужения.

1.2 Техника безопасности на рабочем месте.

1.3 Виды паяных соединений. Припой.

1.4 Флюсы для пайки металлов и сплавов.

1.5 Инструменты и приспособления (виды инструментов, материалы).

1.6 Методы контроля и выявление брака.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «гайка» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

### **Вариант 15**

1. Изучить материал по представленной теме и выполнить реферат.

Тема: «Организация труда рабочего места слесаря».

1.1 Виды слесарных работ и их назначение.

1.2 Рабочий и контрольно-измерительный инструмент слесаря.

1.3 Механизированные инструменты (назначение, область применения).

1.4 Эксплуатация и уход за рабочим инструментом.

1.5 Техника безопасности на рабочем месте.

1.6 Пожарная профилактика.

2. Вычертить карту по изготовлению металлического изделия «болт» с простановкой размеров детали по заданному варианту.

## ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Таблица 1

### Тесты на тему: «Рубка»

1	Из каких марок стали изготавливают зубило, крейцмейсель, канавочник?	У7, У7А, У8, У8А	И7, И7А, И8, И8А	У12, У12А, У13, У13А
2	Чем различаются между собой зубило и крейцмейсель?	Длиной инструмента	Толщиной режущей кромки	Длиной и шириной режущей кромки
3	Молотки какой массы применяют для рубки металла?	От 800 до 1000 г	От 400 до 600 г	От 50 до 200 г
4	Чему равен угол заострения $\beta$ для стальных изделий?	$35^0$	$70^0$	$60^0$
5	Какая масса молотка требуется для рубки зубилом с шириной режущей кромки 10 мм?	400 г	800 г	200 г
6	Точность обработки при рубке	0,05-0,1 мм	0,5-1 мм	1-2 мм
7	Какой вид удара молотком применяется для точных и легких работ?	Кистевой	Плечевой	Локтевой
8	С помощью чего контролируют угол заточки зубила?	штангенциркуль	шаблон, угломер	линейка
9	Твердость режущей части зубила	HRC 53-59	HRC 35-45	HRC 65-70
10	Какой слой металла можно удалить за один проход?	1 мм	2 мм	3 мм
11	Молотки какой массы применяют для рубки металла?	От 800 до 1000 г	От 400 до 600 г	От 50 до 200 г
12	Какая масса молотка требуется для рубки крейцмейселем с шириной режущей кромки 5 мм?	400 г	800 г	200 г
13	Назвать элементы зубила	Ударная, режущая, середина	Режущая часть и ручка	Боек и режущая часть
14	Из какого материала изготавливают ручки молотков	Из пластмассы	Из металла	Из твердых пород деревьев
15	Чему равен угол заострения для мягких материалов?	$70^0$	$45^0$	$60^0$

Окончание табл. 1

16	Какова твердость бойка молотка?	HRC 50-56	HRC 45-50	HRC 60-70
17	Какова величина заднего угла	15-20 <sup>0</sup>	10-15 <sup>0</sup>	3-8 <sup>0</sup>
18	В каких случаях применяют зубила со скругленной режущей кромкой?	для вырубования заготовок из листового материала	для прорубания канавок	для вырубования пазов и криволинейных канавок
19	Что называется углом резания?	Угол между передней и задней поверхностью зубила	Между обработанной поверхностью и осью зубила	Угол между задней поверхностью зубила и обработанной поверхностью
20	Какой слой металла можно удалить за один проход?	1 мм	2 мм	3 мм

Таблица 2

## Тесты на тему: «Опиливание»

1	Точность обработки при опиливании	От 0,5 до 0,001 м	От 0,1 до 0,01 мм	От 0,25 до 0,5 м
2	Как классифицируются напильники	- по длине; - по количеству зубьев на 10 мм рабочей длины;	- по форме насечки; - по числу насечек на 10 мм длины; - по форме сечения бруска; - по назначению	- по форме сечения бруска; - по способу нанесения насечек;
3	Какие материалы опиливают напильником с одинарной насечкой?	Неметаллические материалы	Мягкие металлы	Сталь, чугун
4	Назначение бархатного напильника?	Отделка поверхности	Чистовое опиление	Черновое опиление
5	Число насечек на 10 мм длины личного напильника	12-23	4-11	>28
6	Точность обработки поверхности драчевым напильником	0,01 мм	0,001 мм	0,1-0,2 мм
7	Какую форму сечения имеют напильники для опиления внутренних углов $> 15^{\circ}$	Ромбические	Плоские	Круглые
8	Насколько длина напильника должна быть больше длины детали, если обрабатываем крупную деталь?	На 100 мм	На 150-200 мм	На 50 мм
9	Из какого материала изготавливают напильники?	Сталь У7; У7А	Сталь У7А; У8А	Сталь У10; У13А; 13Х; ШХ15
10	Каким инструментом проверяют качество обработанной поверхности?	Поверочная линейка, угольник	Штангенрейсмус	Штангенциркуль
11	Какой слой металла снимают драчевым напильником?	0,01-0,02 мм	0,5-1,0 мм	0,3-0,02 мм
12	Номера насечек личного напильника	4;5	2;3	0;1
13	Какое число насечек имеет бархатный напильник?	> 28	4-11	10-20
14	Из какого материала изготавливают напильники?	Сталь У7; У7А	Сталь У10; У13А; 13Х; ШХ15	Сталь У8; У8А

Окончание табл. 2

15	Как называется ненасеченный участок у напильника?	Пята	Носок	Ребро
16	Какие материалы опиливают напильником с двойной насечкой?	Цветные металлы	Сталь, чугун	Неметаллические материалы
17	Какую форму сечения имеют напильники для заточки пил по дереву?	Трехгранные	Круглые	Плоские
18	Какой длины надо взять напильник, если длина детали = 100 мм?	400 мм	250 мм	350 мм
19	Какие используют напильники для обработки мелких деталей?	Надфили	Общего назначения	Рашпили
20	Назначение личного напильника?	Отделка поверхности	Чистовое опиливание	Черновое опиливание



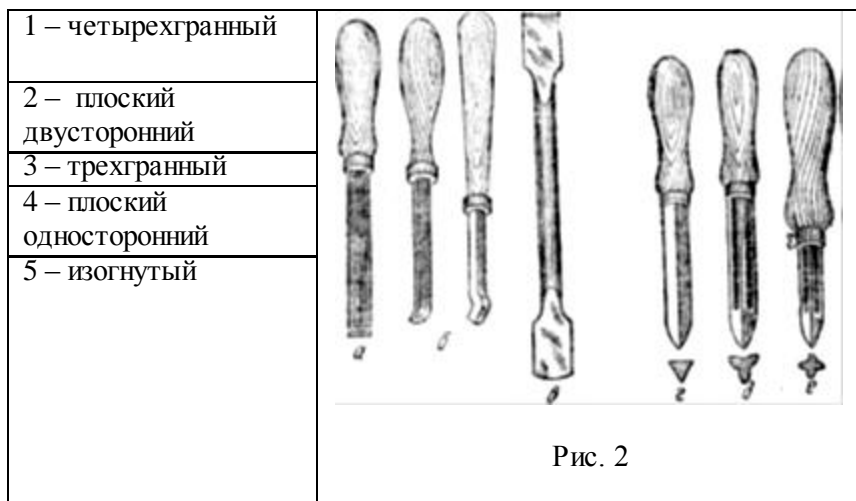
Таблица 3

## Тесты на тему: «Разметка»

1	Точность выполнения разметки по чертежу	0,5 мм	0,1 мм	0,005 мм
2	Из какого материала изготавливают кернер?	У10, У12	У7А, У8А	У11, У13
3	Где применяется разметка по образцу?	Для изготовления несколько одинаковых деталей	При сборке крупных деталей	При выполнении ремонтных работ
4	Каким красителем окрашивают стальную или чугунную поверхность?	Раствор медного купороса	Меловой раствор	Спиртовой лак
5	Какой инструмент применяется для разметочных линий по линейке?	Циркуль	Чертилка	Кернер
6	Расстояние между кернами на длинных разметочных линиях?	От 10 до 50 мм	От 5 до 10 мм	От 20 до 100 мм
7	Как называется вид разметки, если она выполняется на нескольких плоскостях заготовки?	Пространственная	Линейная	Плоскостная
8	Как классифицируется разметка?	Котельная, судовая, машиностроительная	Линейная, пространственная	Линейная, плотностная
9	Что называется базой?	Поверхность или Точка, от которой начинается разметка	Склад, где хранится инструмент	Одна из поверхностей обрабатываемой детали
10	Из какого материала изготавливают разметочные плиты?	Серый чугун	Сталь	Белый чугун
11	Назначение рейсмуса	Для нанесения вертикальных и горизонтальных линий	Для разметки окружности	Для нанесения центров



9. Определить тип шаберов, изображенных на рисунке 2.



10. Назовите преимущества метода шабрения «на себя», разработанного слесарем-новатором А. Барышниковым, по сравнению с шабрением методом «от себя».

- 1 – лезвие шабера врезается в металл плавно;
- 2 – глубина резания может быть доведена до 0,05 мм;
- 3 – в конце рабочего хода не остаются рифления и рванины;
- 4 – шабер при рабочем ходе сильно врезается в металл;
- 5 – лезвие шабера плавно выходит из зоны резания;
- 6 – в конце каждого рабочего хода остаются заусенцы, которые удаляются дополнительным пришабрением.

11. Установите соответствие.

Вид шабрения	Назначение
1. Черновое	А. Придание поверхности лучшего внешнего вида
2. Полулистовое	Б. Окончательная обработка поверочного инструмента, ответственных поверхностей
3. Чистовое	В. Обработка поверхности детали режущим инструментом – шабером, которым с детали соскабливается тонкий слой металла
4. Декоративное	Г. Окончательная обработка подшипников, направляющих станин станков
	Д. Разбивка больших пятен, удаление следов инструмента на выступающих частях поверхности после опилования

## **КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ЗАЩИТЫ ОТЧЕТА ПО УЧЕБНОЙ ПРАКТИКЕ В МАСТЕРСКИХ**

**«Зачтено»** – студент демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминологией, логично и последовательно объясняет сущность, явлений и процессов, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает свободное владение монологической речью и способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Выполнены все требования к содержанию и оформлению отчета.

**«Не зачтено»** – студент демонстрирует незнание теоретических основ предмета, несформированные навыки анализа явлений и процессов, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, не владеет терминологией, проявляет отсутствие логичности и последовательностью изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на занятии.

имеются существенные отступления от требований к реферированию (тема раскрыта лишь частично; отсутствует логическая последовательность в суждениях; допущены ошибки в оформлении отчета).

*Пример оформления титульного листа отчета*

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего профессионального образования  
«Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Инженерный факультет  
Кафедра «Технический сервис»

ОТЧЕТ  
по учебной практике в мастерских

Вариант 1

Выполнил: студент И-1-2  
Иванов И.И.

Проверил:  
доцент Шигаева В.В.

Самара 2014

**Пример оформления второго листа отчета**

## Оглавление

1	Тема: «Плоскостная разметка».....	3
1.1	Назначение разметки.....	3
1.2	Безопасность труда на рабочем месте.....	8
1.3	Способы разметки.....	10
1.4	Инструменты и приспособления для плоскостной разметки (виды инструментов, материалы).....	15
1.5	Приемы плоскостной разметки. Накернивание разметочных линий.....	16
1.6	Методы контроля плоскостной разметки. Брак при разметке.....	18
2	Технологическая карта по изготовлению металличе- ского изделия «болт».....	17
	Список используемой литературы и источников.....	19

***Пример оформления третьего и последующих листов  
отчета***

**1 Тема: «Плоскостная разметка»**

**1.1 Назначение разметки**

Правка – это *Текст Текст Текст Текст Текст Текст*

Рис. 1. Приспособления для правки  
*Текст Текст Текст Текст Текст Текст*

**Размеры болтов по ГОСТ**

Параметры детали	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15			
$d$	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	17,6

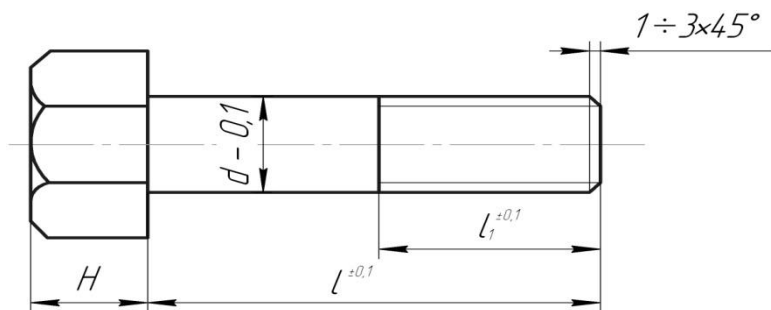
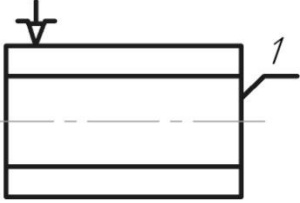
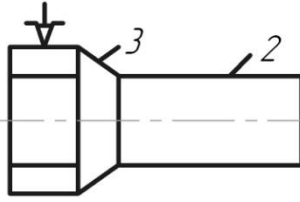
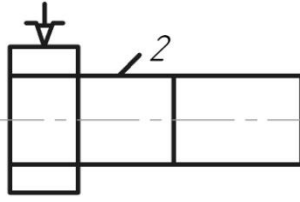
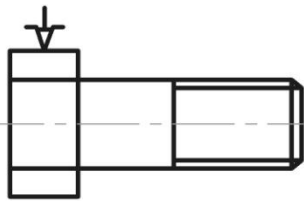

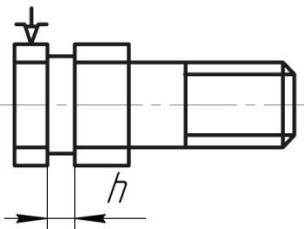
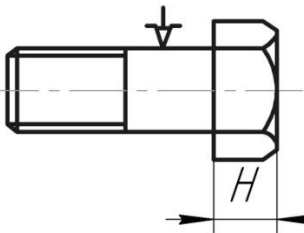
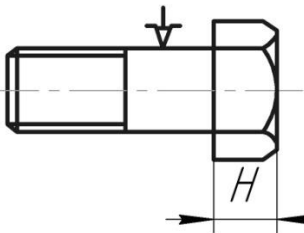


Рис. П.4.1. Деталь «Болт»



**Технологическая карта по изготовлению  
металлического изделия «болт»**

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление			Технические указания режимов обработки
			4	5	6	
1	Установить заготовку в патрон станка		Станок токарно-винорезный 1616	Ключ патрона	Штангенциркуль ШЦ - 1-125 - 0,1	Размер заготовки $d+7(\text{мм})$ вылет $l+H+2d (\text{мм})$
2	Подрезать торец 1			Резец проходной		$n = 200 \dots 400$ об/мин
3	Проточить поверхность 2 на длине диаметра $d$ мм			Резец проходной		$t = 1 \dots 1,5$ мм $n = 300 \dots 400$ об/мин
4	Подрезать торец 3			Резец подрезной		$n = 300 \dots 400$ об/мин
5	Проточить поверхность 2 на длине до диаметра $d$ мм			Резец подрезной		$t = 0,1 \dots 0,2$ мм $S = \text{min}$ $n = 350 \dots 400$ об/мин
6	Проточить поверхность на длине $l_1$ мм до диаметра $d$ мм			Резец проходной		$t = 0,05 \dots 0,1$ мм $S = \text{min}$ $n = 350 \dots 400$ об/мин $d_{\text{сг}} = d - 0,1 \cdot S$

1	2	3	5	7
7	Снять фаску (1...3 x 45°)		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин
8	Нарезать резьбу диаметром $d$ мм на длине $l_1$ мм		Плашка с держателем	$n = \text{min.}$ Поверхность смазывать, движение возвратнопоступательное
9	Отрезать болт на длине $l + H + 0,5 \text{ мм}$		Резец отрезной	$n = 200 \dots 300$ об/мин $h = 1,5 \dots 2$ мм ширина режущей кромки резца
10	Вынуть заготовку. Перевернуть и закрепить в патроне болт		Ключ патрона	При закреплении не повредить резьбу.
11	Подрезать торец до размера $H$ , мм		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин
12	Снять фаску (1...3 x 45°)		Резец проходной	$n = 300 \dots 350$ об/мин $H = 0,8 \cdot d$
13	Вынуть болт проверить размеры по чертежу		Ключ патрона	Размеры в пределах допуска

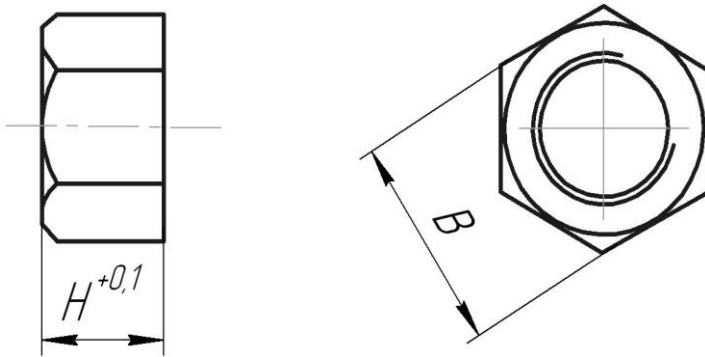
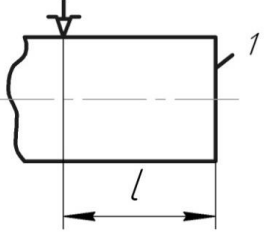
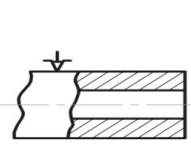
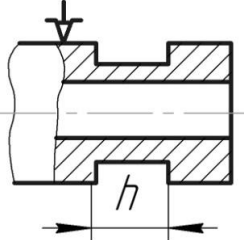


Рис. П.5.1. Деталь «Гайка»

Таблица П.5.1

Параметры детали	Варианты								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>d</i>	10	11	12	13	14	15			
<i>H</i>	6	8	10	12	14	16	18	20	22
	4,8	6,4	8	9,6	11,2	12,8	14,4	16	17,6

**Технологическая карта по изготовлению  
металлического изделия «гайка»**

№	Содержание операции и переходов	Эскиз установки	Оборудование, инструмент, приспособление			Технические указания режима
			4	5	6	
1	Установить шестигранник в патроне		Штангенциркуль 1616	Ключ патрона	Штангенциркуль ШЦ – I – 125 – 0,1	Размер заготовки $d+7$ (мм) $H = 0,8 \cdot d$
2	Подрезать торец 1			Резец проходной		вылет $L=H+15$ (мм)
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
5	Отрезать заготовку на длине $H+0,5$ мм			Резец подрезной		$n=200...300$ об/мин $h=1,5 + 2$ ширина режущей кромки резца
6	Вынуть шестигранник из патрона			Ключ патрона		
7	Установить заготовку в патрон			Ключ патрона		При закреплении не перекашивать

Окончание табл. П.5.2

1	2	3	4	5	6	7
8	Подрезать торец 2 до размера $H^{+0,1}$		4	Резец проходной	6	$n=200...400$ об/мин
9	Снять фаску 3			Резец проходной		$n=200...400$ об/мин
10	Нарезать резьбу			Вороток метчика	7	$n=\min$ . Поверхность смазывать, нарезают I, затем II. Движение возвратно- поступательн ое. Размеры в пределах допусков.
11	Вынуть гайку проверить размер по чертежу			Ключ патрона		

## РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ

1. ГОСТ 3.1404-86. ЕСТД. Формы и правила оформления документов на технологические процессы и операции обработки резанием. – Введ. 01.07.1987. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2005. – 60 с.

2. Оськин, В. А. Материаловедение. Технология конструкционных материалов. Кн.1. / В. А. Оськин, В. В. Евсиков. – М. : КолосС, 2008. – 447 с.

3. Макиенко, Н. И. Общий курс слесарного дела / Н. И. Макиенко. – 5-е изд. – М. : Высшая школа, 2005. – 334 с.

4. Покровский, Б. С. Слесарное дело: иллюстрированное учебное пособие / Б. С. Покровский, В. А. Скаун. – М. : Academia, 2011. – 320 с.

5. Фещенко, В. Н. Токарная обработка / В. Н. Фещенко, Р. Х. Махмутов. – 6-е изд. – М. : Высшая школа, 2005. – 303 с .

6. Слесарные работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metalhandling.ru>.

7. Техника безопасности при выполнении слесарных работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.swaiboy.ru/mto-at/tehnika-bezopasnosti-pri-vypolnlenii-slesarnyih-rabot.html>

8. Библиотека инструкций по охране труда (полный список всех инструкций) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/instructions/168/148129/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/168/148129/)

9. Слесарное дело : практ. пособие для слесаря / Е. М. Костенко. – М. : ЭНАС, 2006. – (Книжная полка специалиста) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rucont.ru/efd/178894?cldren=0>.

Учебное издание

# **Учебная практика в мастерских**

**Методические указания**

**Составители:**

**Макарова Маргарита Павловна  
Шигаева Виктория Владимировна**

Отпечатано с готового оригинал-макета  
Подписано в печать 10.09.2014. Формат 60×84 1/16.  
Усл. печ. л. 1,92, печ. л. 2,06.  
Тираж 50. Заказ №195.

Редакционно-издательский центр Самарской ГСХА  
446442, Самарская обл., п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.  
Тел.: (84663) 46-2-44, 46-2-47  
Факс 46-6-70.  
E-mail: [ssaariz@mail.ru](mailto:ssaariz@mail.ru)