



Министерство сельского хозяйства РФ

ФГОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»



ИЗВЕСТИЯ

*Самарской государственной
сельскохозяйственной академии*

Выпуск 3

Самара 2006

УДК 631.3
И-33

Учредители:
Министерство
сельского хозяйства
Российской Федерации
ФГОУ ВПО СГСХА

Известия

ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Самарская государственная сельскохозяйственная
академия»

Выпуск №3/2006

ISBN 5-88575-155-2

Выпуск №3

**Эффективность и
эксплуатационная
надёжность
сельскохозяйственной
техники**

**Современные
технологии и средства
механизации в
растениеводстве**

**Машиноиспользование
в специализированных
технологиях АПК**

*Милюткин В.А., доктор технических наук, профессор
Главный научный редактор, председатель
редакционно-издательского совета*

*Баймишев Х.Б., доктор биологических наук, профессор
Зам. главного научного редактора*

Редакционно-издательский совет

*Петров А.М., кандидат технических наук, доцент
Киров Ю.А., кандидат технических наук, доцент
Кретов В.И., кандидат технических наук, доцент
Пенкин А.А., кандидат экономических наук, доцент
Петрова С.С., редактор, кандидат технических наук, доцент
Сычева Г.В., кандидат исторических наук, доцент
Болдашев Г.И., кандидат технических наук, доцент
Ленивцев Г.А., кандидат технических наук, профессор
Зудилин С.Н., доктор сельскохозяйственных наук, доцент
Васин В.Г., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Дулов М.И., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Карамеев С.В., доктор сельскохозяйственных наук, профессор
Зайцева Е.С., кандидат сельскохозяйственных наук, доцент*

Редакция
научного журнала:

Петрова С.С.
ответственный редактор

Тураева О.Ю.
корректор

УДК 631.3

© ФГОУ ВПО СГСХА, 2006

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

УДК 631.372.04

Медведев А.А. к.т.н., главный инженер ФГУ «Поволжская МИС»

Медведева А.А., Самарская СГСХА

ТЕХНИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

В работе предложен новый метод выбора оптимального состава почвообрабатывающего агрегата по критерию максимизации тягового КПД трактора путём совмещения оптимальных тягово-скоростных показателей трактора с показателями сил сопротивления с/х орудия и принцип автоматической, оперативной корректировки режимов работы почвообрабатывающих агрегатов с целью их оптимизации непосредственно в работе агрегата при помощи информационно-измерительной системы контроля за режимами работы трактора (ИСКРТ).

Удельный вес технических затрат в современных технологиях растениеводства колеблется от 30 до 50%. В структуре технических затрат на долю зарплаты приходится примерно 10%; амортизация, ремонт и ТО тракторов – 50%; амортизация, ремонт и ТО с/х машин – 15%; ГСМ – 25%. В структуре прямых технических затрат вес зарплаты мал и экономить на ней не имеет большого смысла да и рискованно: можно безвозвратно потерять квалифицированные кадры, что на практике нередко и происходит. А вот затраты приходящиеся на амортизацию, ремонт и техническое обслуживание техники, а также затраты на топливо имеют большой удельный вес и именно эти статьи расходов одни из немногих, с которыми можно «работать» в плане снижения себестоимости.

Поволжская МИС главным образом занимается испытаниями с/х техники в условиях реальной эксплуатации характерных для зоны Поволжья. Во время испытаний в качестве оценок показателей назначения определяются производительность машины, расход топлива на единицу выполненной работы и при этом фиксируется скорость движения агрегата, величина буксования, тяговое сопротивление машины, коэффициент загрузки двигателя и другие показатели. Всё это определяется при проведении лабораторно-полевых опытов с участием большого количества специалистов и при солидном приборном обеспечении. Из многих вариантов опытов, после обработки полученных результатов, выбираются наиболее выгодные режимы, на них проводят контрольные смены работы агрегата, а полученные результаты помещаются в Протокол испытаний - как оптимальные эксплуатационные показатели, на которые способна данная машина с конкретным трактором и в конкретных почвенно-климатических условиях.

Как видим процесс очень трудоёмкий, сложный и практически недоступен для применения в рядовой хозяйственной эксплуатации машины. А с появлением машин переменной ширины захвата (плуги серии ПБС; оборотные плуги фирмы «Лемкен»; агрегаты блочно-модульного построения и т.д.) задача выбора оптимальных режимов и состава агрегата чрезвычайно осложнилась даже для испытателей. Вопрос оптимизации эксплуатационных режимов машинотракторных агрегатов с современными энерго-насыщенными тракторами становится в ряд с важнейшими факторами ресурсосбережения в с/х производстве.

Рассмотрим – что есть ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ с/х агрегата? При расчётах – это произведение ширины захвата агрегата на его скорость. Увеличить производительность можно либо за счёт увеличения скорости либо за счёт увеличения ширины захвата агрегата. Но оба этих параметра взаимосвязаны друг с другом тяговыми возможностями трактора. Появляется естественный вопрос – а где же то «золотое сечение» оптимального соотношения ширины захвата и скорости движения агрегата? Эти задачи уже стоят перед хозяйственниками при комплектовании агрегатов. На пример: работая с плугом ПБС-7/9, всякий раз появляется вопрос – сколько корпусов задействовать: 7, 8 или все 9? Трактор К-744 способен работать с

этим плугом во всех его комплектациях и на глубине обработки от 16 до 30 см. Тяговых способностей и мощности двигателя у него для этого хватает. Но - как выгоднее? В каком из вариантов от пахотного агрегата следует ожидать наибольшей производительности, а значит и наименьшего расхода топлива на гектар пашни? Мы провели исследования и получили интересные результаты.

Использование энергонасыщенных тракторов предполагает применение широкозахватных комбинированных агрегатов, при управлении которыми трактористу приходится держать под контролем большое количество параметров. Многие из этих параметров имеют не явный, а опосредованный характер и не поддаются визуальной оценке. Т.е. возникает своеобразная система взаимосвязей – «Человек – Внешняя среда – Машина». Оптимальное управление такой системой со стороны человека не возможно без элементов автоматизации и приборного контроля [7]. Наиболее перспективным направлением в реализации таких систем является метод математической статистики и математического моделирования. Основную сложность здесь представляет трудность выбора главного критерия оптимальности работы МТА. После тщательного анализа материалов исследований проведенных в этом направлении, мы пришли к выводу, что критерий максимизации тягового КПД ближе всего подходит для этих целей, а важнейшими эксплуатационными параметрами работы тракторного агрегата являются: 1) **тяговый КПД трактора**; 2) **изменение силы тягового сопротивления с/х машины от скорости движения агрегата, глубины обработки и ширины захвата**. Поэтому наши исследования были условно поделены на 2 части: **моделирование тягово-эксплуатационных показателей трактора**; **моделирование изменения тягового сопротивления плуга**.

На основании анализа теоретических исследований процессов буксования трактора, изменения тягового КПД и скорости движения трактора в области максимального КПД мы пришли к выводу, что главным объективным аргументом в функциях изменения этих показателей является степень тяговой загрузки трактора [6], которая характеризуется коэффициентом использования сцепного веса трактора:

$$\varphi_{кр.} = \frac{P_{кр.}}{G_T} \quad (1)$$

В качестве математической модели буксования мы выбрали уравнение:

$$\delta = \alpha \varphi_{кр} / (\beta - \varphi_{кр}) \quad (2)$$

В качестве математической модели тягового КПД трактора – уравнение

$$\eta_m = \eta_m [\varphi_{кр} / (\varphi_{кр} + f)] [\alpha \varphi_{кр} / (\beta - \varphi_{кр})] \quad (3)$$

В качестве математической модели скорости движения трактора в области максимального тягового КПД

$$V = N_m \eta_m (1 - \delta) / (P_{кр} + G_m f) \quad (4)$$

В этих уравнениях коэффициенты α ; β ; η_m ; f для конкретной марки трактора и конкретных почвенных условий имеют определенные числовые значения.

В качестве математической модели тягового сопротивления почвообрабатывающего орудия выбираем классическое уравнение формулы академика Горячкина В.П.:

$$P_{кр} = \Psi G_n + k h b + \epsilon h b V^2, \quad (5)$$

в котором коэффициенты Ψ , K и ϵ для конкретной марки машины и конкретных почвенных условий имеют определенные числовые значения.

Как правило, коэффициенты формулы Горячкина, определялись отдельным способом, и не учитывалась их взаимоувязка между собой. Поэтому расчетные значения тягового сопротивления и экспериментальные значения значительно отличались друг от друга. В своих исследованиях для определения коэффициентов формулы Горячкина мы применили метод на основе реализации теории активно-пассивного эксперимента. Этот метод детально разработан и описан Прокопенко Владимиром Андреевичем в работе «Метод определения коэффициентов рациональной формулы В.П. Горячкина» [1]. Для определения числовых значений коэффициентов математических моделей буксования, тягового КПД трактора и тягового сопротивления плуга мы провели 2 больших эксперимента:

1) **тяговые испытания** трактора К-744Р1 с помощью специально изготовленной тяговой установки на базе трактора К-701, где в качестве нагружающего устройства был использован гидротормоз;

2) **многофакторный** полевой эксперимент с пахотным агрегатом в составе К-744Р1 + ПБС-7/9.

Результаты тяговых испытаний К-744Р1 обрабатывались на компьютере с использованием программы статистической обработки «Мат» M.S. Excel [2] и были определены числовые значения коэффициентов для математических моделей буксования и тягового КПД трактора К-744Р1 [6]: $\alpha = 0,108$; $\beta = 0,768$; $\eta_m = 0,91$; $f = 0,08$ Графики изменения коэффициента буксования (δ) и тягового КПД (η_m) в

зависимости от изменения коэффициента использования сцепного веса трактора приведены на рисунке 1. В таблице 1 приведены тягово-эксплуатационные показатели трактора К-744Р1 также в зависимости от изменения коэффициента использования сцепного веса и во взаимосвязке их друг с другом. На графике тягового КПД отмечены характерные точки 1; 2; 3: т. 1 – характеризует ограничение степени тяговой загрузки трактора по предельному буксованию 15%; т. 2 – это максимальный тяговый КПД трактора; т. 3 – это зеркальное отображение точки 1.

Таким образом, на кривой изменение тягового КПД от точки 2 до точек 1 и 3 числовые значения КПД отличаются всего лишь на 2% и эту зону можно назвать зоной оптимальных тягово-эксплуатационных показателей трактора К-744Р1.

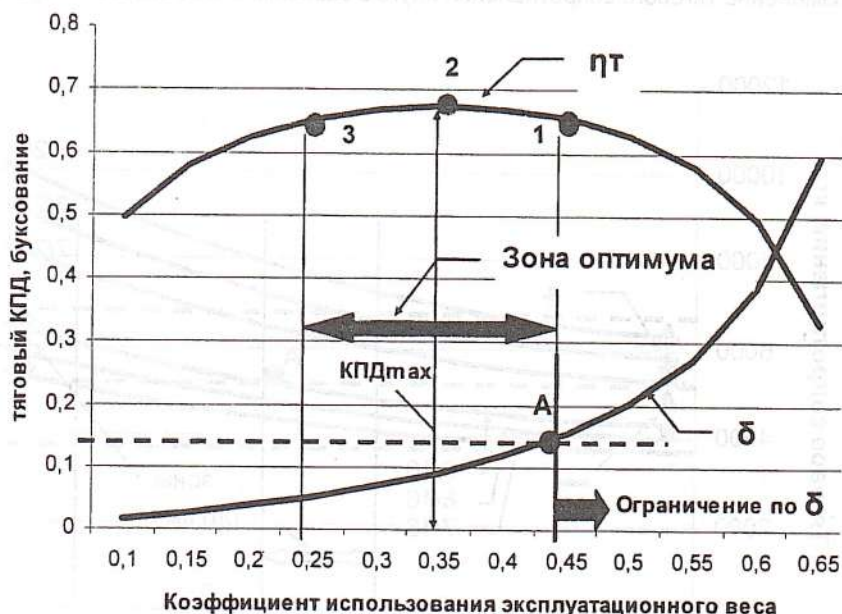


Рис. 1. Условный тяговый КПД трактора К-744Р1

Таблица 1.

Тяговые показатели трактора К-744Р1

$\varphi_{кр} = P_{кр}/G_T$	η_T	δ	$P_{кр}, \text{КГ}$	$V, \text{км/ч}$	$V, \text{м/с}$
0,1	0,497382	0,016168	1500	24,7401	6,8722487
0,15	0,577921	0,026214	2250	19,16411	5,3233635
0,2	0,625282	0,038028	3000	15,55096	4,3197124
0,25	0,65346	0,052124	3750	13,00141	3,6115033
0,3	0,668684	0,069231	4500	11,08693	3,0797023
0,35	0,673716	0,090431	5250	9,574589	2,659608
0,4	0,669312	0,117391	6000	8,323003	2,3119452
0,45	0,654559	0,15283	6750	7,235151	2,0097643
0,5	0,626415	0,201493	7500	6,231659	1,7310163
0,55	0,577977	0,272477	8250	5,22708	1,4519665
0,6	0,493235	0,385714	9000	4,088977	1,1358269
0,65	0,32823	0,594915	9750	2,511749	0,697708

При детальном анализе режимов работы трактора пришли к выводу, что в качестве зоны оптимальных тягово-эксплуатационных показателей следует принять область между точками 2 и 1, которые характеризуются работой двигателя на корректурной ветви его регуляторной характеристики [6]. Этой области соответствуют:

$$P_{кр} = 52,5-67,5 \text{ кН (при } \varphi_{кр} = 0,35-0,45)$$

$$\delta = 0,09-0,15; \eta_T = 0,65-0,67.$$

Таким образом, оптимальными нагрузочными и скоростными режимами трактора К-744Р1 для условий проведенного эксперимента являются:

- зона оптимальных тяговых нагрузок $P_{кр} = 52,5-67,5 \text{ кН}$;

- зона оптимальных скоростей $V = 7,23 - 9,57$ км/ч.

Область оптимальных тягово-скоростных режимов трактора определена, переходим к рассмотрению свойств плуга ПБС-7/9.

Обработав результаты многофакторного эксперимента пахотного агрегата К-744Р1 с плугом ПБС-7/9 на компьютере используя программу статистической обработки «Линейн» M.S. Excel [2] определяем числовые значения коэффициентов математической модели тягового сопротивления плуга Ψ ; K и ε [5]. Теперь уравнение изменения тягового сопротивления ПБС-7/9 для почвенных условий эксперимента приняло вид (6):

$$P_{кр} = 0,800960031G_T + 031023472 a \cdot b + 0.12802 a \cdot b \cdot V^2. \quad (6)$$

График изменение тягового сопротивления плуга в зависимости от скорости агрегата приведен на рисунке 2.

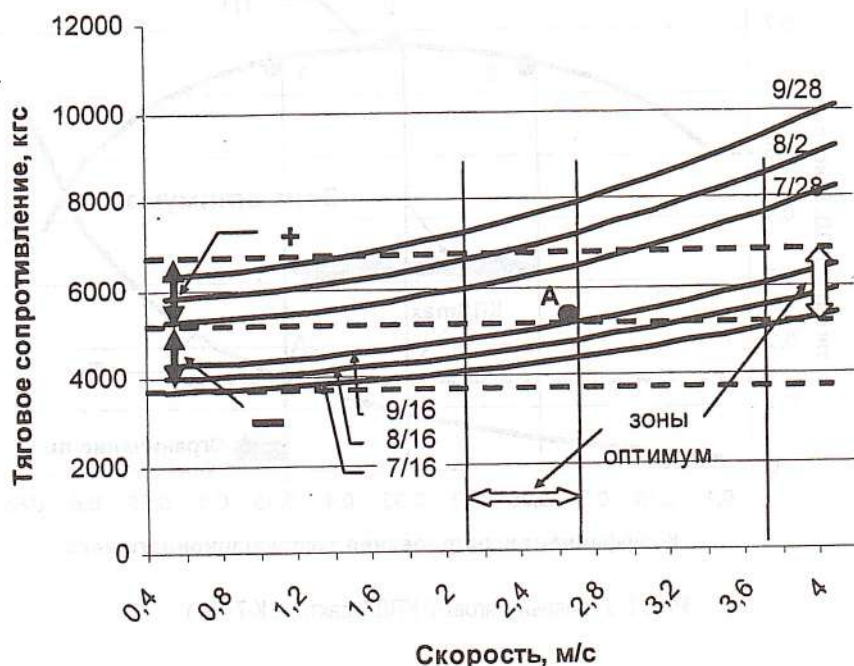


Рис. 2. Тяговое сопротивление плуга ПБС 7/9

Если на график тягового сопротивления плуга нанести границы оптимальных тягово-скоростных параметров трактора (по крюковой нагрузке и скорости движения) то увидим, что зоны оптимальных скоростных режимов трактора К744 Р1 могут быть полностью заполнены рабочими состояниями плуга ПБС-7/9 (Рис.2). За границы оптимальной зоны выходят лишь 8-и и 9-ти корпусная комплектация плуга при глубине обработки 28 см и более. Т.е. для пахотного агрегата в составе трактор К-744 Р1 с плугом ПБС-7/9 оптимальными режимами работы являются тягово-скоростные режимы трактора, определенные по критерию максимального тягового КПД:

- зона оптимальных тяговых нагрузок $P_{кр} = 52,5-67,5$ кН;
- зона оптимальных скоростей $V = 7,23 - 9,57$ км/ч.

И так - обращаю ваше внимание на то, что все характеристики режимов работы трактора определяются математическими расчетами по заданным алгоритмам и все эти расчёты могут производиться в автоматическом режиме аппаратурой установленной непосредственно на тракторе.

Другими словами появляется реальная возможность автоматизации процесса оптимизации эксплуатационных показателей почвообрабатывающего агрегата при помощи информационно-измерительных систем (ИСКРТ) непосредственно в «загонке» при выполнении конкретной работы. Главными элементами системы ИСКРТ являются:

- 1) блок измерительных датчиков измеряющих параметры работы МТА и фиксирующих положение его рабочих органов (цифрового и аналогового) исполнения;
- 2) блок первичных преобразователей сигналов измеряющих датчиков;
- 3) блок расшифровки сигналов поступающих от измеряющих датчиков, накопление информации, обработки информации (в системе Майкрософт-Ексел по алгоритмам, заложенным в программное обеспечение и сравнение с оптимальными параметрами, имеющимися в банке данных системы), выдачи управляющего сигнала в масштабе реального времени и места (GPS);

4) система хранения информации в накопителе и на индивидуальной Чип-Карте для дальнейшего переноса на ПК;

5) система обновления или замены программного обеспечения при переходе к выполнению другой технологической операции;

6) программное обеспечение.

В технологическом отношении ИСКРТ – это переход от релейно-контактной и электронно-аппаратной техники к программируемой микропроцессорной технике. Это позволит осуществить переход от стабилизирующих систем регулирования к самонастраивающимся и адаптивным системам.

При соответствующем программном обеспечении и наличии на тракторе штатных измерительных устройств, ИСКРТ может работать в режиме выдачи рекомендаций на дисплее терминала механизатора или в режиме подачи управляющего сигнала в систему автоматического управления. На импортных тракторах подобные измерительные устройства используются для целей координатного земледелия. Отечественные тракторы пока таких систем не имеют (даже новейшая отечественная разработка – трактор К-3180АТМ Петербургского тракторного завода).

Производственная проверка показала, что методика выбора оптимальных тягово-скоростных режимов работы пахотного агрегата в зоне максимального тягового КПД при работе двигателя с заходом на корректную ветвь обеспечивает прирост производительности на 15-20% и снижение расхода топлива на 12-15% [8].

Библиографический список

1. Афонин Е.Д., Береславский С.Л., Прокопенко В.А. и Переверзов В.Д. Метод определения коэффициентов рациональной формулы В.П. Горячкина. // Механизация и электрификация с.х. - №4. - 1982. - С. 42-44.
2. Зангиев А.А. и др. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка / А.А. Зангиев, Г.П. Лышко, А.Н. Скороходов. – М.: Колос, 1996. – 320 с.: ил. (Учебник и учебные пособия для студентов высш. учеб. заведений).
3. Козлов А.Ю., Мхитарян В.С., Шишов В.Ф. Статистические функции MS Excel в экономических расчетах: Учеб. пособие для ВУЗов / под редакцией проф. В.С. Мхитаряна. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. - 231 с.
4. Медведев А.А., Прокопенко В.А. Методика расчета оптимальных конструктивных и эксплуатационных параметров почвообрабатывающих и посевных машин. // Механизация почвообработки, внесения удобрений и посева: Науч. тр. ВИМ: том 147. – М.: ВИМ. 2003. – С. 13-16.
5. Медведев А.А. Экспериментальная оценка параметров модели тягового сопротивления плуга ПБС-7/9 / Медведев А.А., Прокопенко В.А., Рыбалко А.Г. // Ульяновские чтения: Сб. науч. тр. международной научной практической конференции. – Саратов: СГАУ, 2005. – С. 16-25.
6. Медведев А.А. Оптимальный нагрузочно-скоростной режим трактора К-744Р1 / Медведев А.А. // Сборник научных трудов 2-ой международной научно-практической конференции: Вып. 3. – Самара: Самвен, 2005. – С. 62-66
7. Медведев А.А. Принципы повышения качества функционирования машинно-тракторных агрегатов / Медведев А.А., Лявин Ю.Ф. // Ульяновские чтения: Сб. науч. тр. международной научной практической конференции. – Саратов: СГАУ, 2005. – С. 62-65.
8. Медведев А.А. Оптимизация эксплуатационных показателей пахотных агрегатов на базе современных энергонасыщенных тракторов: Дисс... на соискание ученой степени к.т.н. – Саратов, 2005.

УДК 620.179.112

Ленивцев Г.А., Володько О.С., Ленивцев А.Г.

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКИХ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

Рассмотрены вопросы механики контактного взаимодействия поверхностей трения деталей машин и механизмов в аспекте трибологических, химмотологических и динамических факторов функционирования трибологических систем ресурсопределяющих сопряжений.

Основным показателем технического уровня машин и механизмов является их надежность, определяющая совершенство механики контактного взаимодействия поверхностей трения.

Как отмечает председатель Всероссийского общества инженеров – трибологов А.В. Чичинадзе, «управление трением, правильный выбор материалов по критериям трения и износостойкости, рациональное конструирование узлов трения и деталей машин, оптимизация условий эксплуатации могут существенно продлить срок жизни и повысить эффективность машин, снизить вредное экологическое воздействие при незначительном увеличении их стоимости» [1]. Аналогичная мысль высказана председателем Самарского общества инженеров – трибологов Д.Г. Громаковским, что «основными задачами трибоматериаловедения является отбор известных и создание новых материалов, обладающих оптимальными для данного узла трения характеристиками, обеспечивающими необходимый ресурс. При этом, помимо достижения необходимых эксплуатационных свойств, требуется учитывать экономические соображения исходя из рыночных условий...» [2].

Наиболее полная модель трения, отвечающая особенностям контактирования большинства ресурсопределяющих деталей современных машин, сформулирована в России выдающимся трибологом XX века И.В. Крагельским и представляет модель дискретного контактирования твердых тел при трении и гипотезу о двойной природе фрикционного контакта. Знаменитая триада И.В. Крагельского выделяет три последовательных и взаимосвязанных этапа процесса трения (рис. 1).

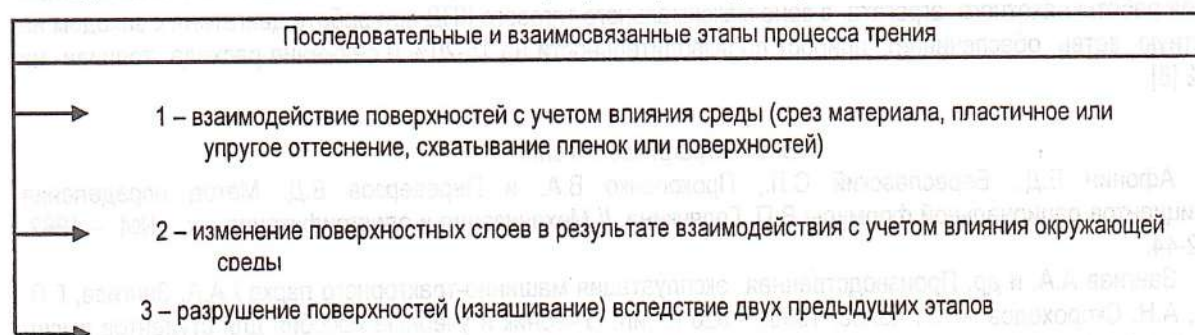


Рис. 1. Схема триады И.В. Крагельского

Предложенная модель и гипотеза определяют основной трибологический закон согласно молекулярно – механической теории трения

$$F = F_a + F_k, \quad (1)$$

где F – суммарная сила трения;

F_a – молекулярная (механическая) составляющая;

F_k – деформационная (когезионная) составляющая.

Многообразие и разносторонность факторов, определяющих актуальные частные задачи процесса трения в машинах и механизмах, характеризуют сложность проблем экспериментального характера при их решении. Несомненна в этой связи роль триады А.В. Чичинадзе [1], регламентирующей основные показатели процесса трения и изнашивания (рис. 2).

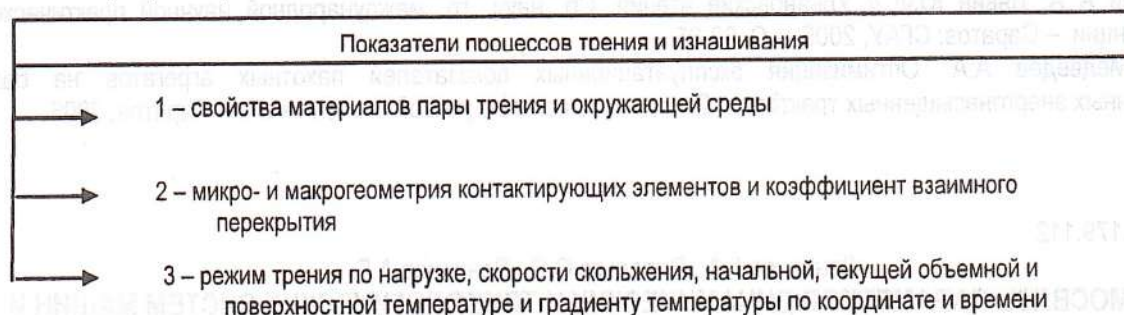


Рис. 2. Схема триады А.В. Чичинадзе

Анализ взаимосвязи указанных параметров направлен на оптимизацию выходных факторов процесса трения, где определяющими являются момент трения и интенсивность изнашивания ресурсопределяющих сопряжений машин и механизмов. Это является основным объектом триботехники, как прикладного раздела трибологии – науки о трении, изнашивании, смазке и взаимодействии контактирующих поверхностей при их взаимном перемещении.

Значительные (до 30 и более процентов) затраты вырабатываемой в мире энергии на преодоление трения повышают актуальность нового уровня развития техники, где трибология рассматривает машину, агрегат и сопряжение деталей как единую трибологическую систему (ТС).

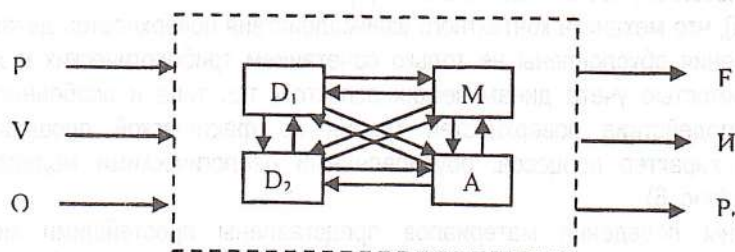
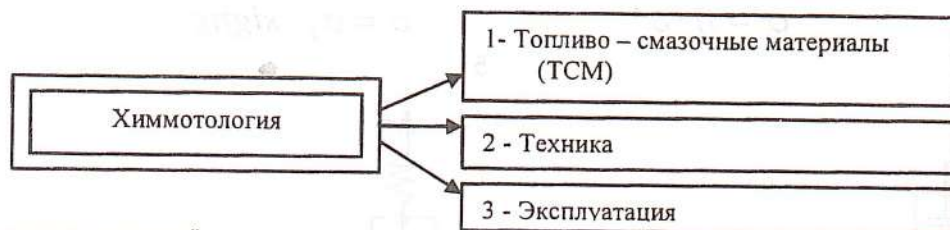


Рис. 3. Схема трибологической системы:

D_1 и D_2 – контактирующие поверхности; M – смазочный материал; A – окружающая среда; P , V , Q – нагрузка, скорость и тепловой поток на входе в систему; F , I и P_t – сила (момент) трения, износ и сопутствующие процессы на выходе из системы

Классическая схема трибологической системы ресурсопределяющего сопряжения (рис. 3) показывает взаимодействие компонентов системы в процессе трения с учетом входных и выходных параметров. Включение смазочного материала в состав самостоятельного компонента трибологической системы, или «признание масла конструкционным материалом машин и механизмов», определяется выделением в 1964 году самостоятельной прикладной науки – химмотологии, роль которой характеризуется триадой (рис. 4) ее основателя К.К. Папок [4].

Согласно данной триаде, химмотология призвана рассматривать требования к качеству ТСМ для обеспечения заданной надежности машин в условиях эксплуатации, т.е. три указанные направления могут быть реализованы при наличии их жесткой взаимосвязи. По данным [4] «в действительности специалисты – химмотологи занимаются преимущественно вопросами разработки ТСМ требуемого уровня качества, т.е. первым направлением, и на основании результатов этих разработок регламентируется порядок технического обслуживания машин и механизмов». Современное развитие данного направления (рис.5) характеризуется анализом факторов приемистости и совместимости основ, добавок и присадок, как основных компонентов ТСМ. Оптимизация конструкции техники, т.е. другие направления химмотологии, реализуются в большинстве случаев при невозможности добиться положительного результата путем подбора ТСМ.



Направления исследований:

- 1 – разработка и подбор ТСМ соответствующего уровня качества;
- 2 – изменение конструкции и подбор конструктивных материалов;
- 3 – регламентирование периодичности технического обслуживания, оценка сохранности и совместимости.

Рис. 4. Схема триады К.К. Папок

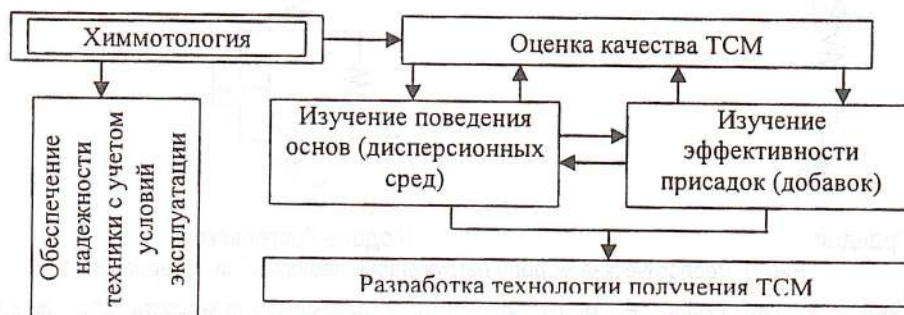


Рис. 5. Схема активного развития первого направления исследований в химмотологии

Анализ исследований в данном направлении свидетельствует о том, что «поступательное и всестороннее развитие химмотологии, создающее благоприятные предпосылки для решения её основной задачи, обеспечивается только при обязательной прикладной направленности проводимых исследований, т.е. при постоянном соотношении с состоянием техники» [4].

Известно [1, 2, 4, 5], что механика контактного взаимодействия поверхностей деталей и оптимизация параметров процесса трения обусловлены не только сочетанием трибологических и химмотологических аспектов, но и необходимостью учета динамических аспектов, т.е. типа и особенностей динамической модели контакта. Взаимодействие поверхностей трения по фактической площади контакта (ФПК) определяет дискретный характер процесса, обусловленный реологическими моделями нагружения и деформации материалов (рис. 6).

Отдельные стороны поведения материалов представлены простейшими моделями (рис. 6) идеальной упругости (поз. 1), вязкого течения (поз. 2) и перехода к пластической деформации (поз. 3). Позиции 4,5,6,7 характеризуют взаимодействие простейших моделей, определяют структуру динамической модели реальных сопряжений и методы расчета ФПК и параметров процесса трения.

При работе машин динамические взаимодействия на трущиеся поверхности вызывают упругую и неупругую деформации, которые могут усугубляться фрикционными колебаниями релаксационного типа, обусловленными периодическим контактом поверхностей. Локализация упругих деформаций на дискретных участках контакта, колебания и поверхностные волны от импульсных воздействий, тепловые флуктуации от пластической микродеформации и другие эффекты динамического воздействия определяют диссипацию (рассеяние) механической энергии колебаний, которая поглощается материалом деталей и окружающей средой. Динамическое нагружение поверхностей трения наряду с деформациями ускоряет диффузионные процессы, интенсифицирует структурно – энергетические явления в поверхностных слоях материала и, в результате, характеризует «механизм накачки материала деталей точечными и другими дефектами».

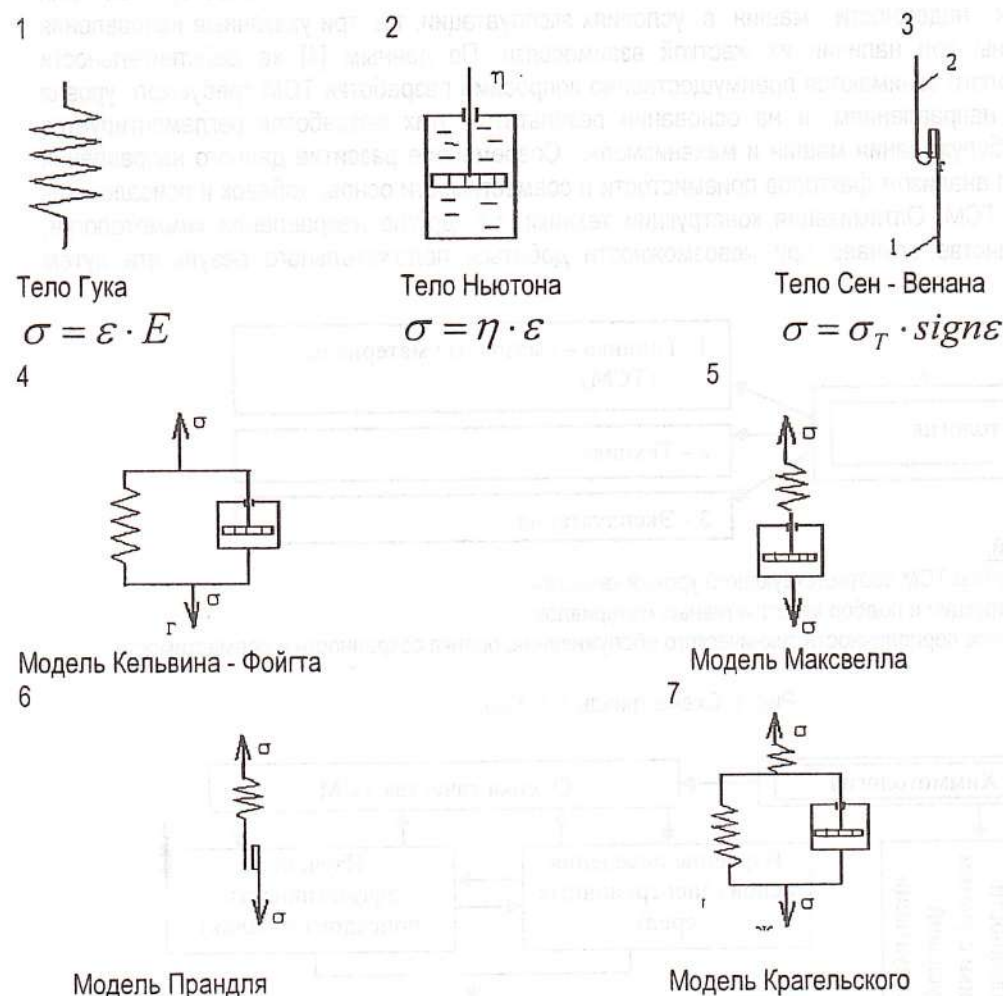


Рис. 6. Реологические модели нагружения и деформации материалов:

σ - напряжение; ε - деформация; E - модуль упругости; η - динамическая вязкость; σ_T - предел текучести материала; sign - обозначение ступенчато изменяющейся функции

В смазочном слое, как третьем компоненте трибологической системы, при динамической вибрации проявляется его собственная упругость. Смазочный слой рассеивает механическую энергию, а динамическое возмущение и температурные флуктуации пробуждают в нем дополнительное внутреннее трение. Это увеличивает вязкие силы и нагрузочную способность смазочного слоя, но при этом ускоряется термомеханическая деструкция смазки [2].

Отмеченные факторы требуют создания поверхностного слоя рабочих поверхностей деталей с рациональной структурой и оптимальной ФПК, масляного слоя с высокими трибологическими свойствами и режимом работы, обеспечивающих адекватные динамические воздействия в контакте. Решение этих задач в современных условиях возможно при целенаправленном взаимодействии исследований в области трибологии, химмотологии и динамики машин (рис. 7).



Рис. 7. Схема взаимодействий научных направлений при исследовании надежности машин

Основными и первостепенными направлениями исследований в этой области, на наш взгляд являются:

- обеспечение рациональных режимов динамического нагружения и соответствующего механизма контактного взаимодействия поверхностей трения;
- обоснование методов формирования и самовосстановления защитных пленок на поверхностях трения;
- выбор оптимального характера изменения градиента твердости в направлении контакта, снижающего динамические воздействия на поверхностный слой детали и защитную масляную пленку;
- обеспечение герметичности и режимов безызносности механизмов и систем.

Решение задач данных направлений основано на реализации процесса оптимизации ТС с комплексным учетом всех входных и выходных параметров системы, особенно эксплуатационных факторов триады научных направлений (рис. 7). Применительно к сельскохозяйственной технике, работающей в широком интервале изменения нагрузочно-скоростных режимов и климатических условий, сотрудниками кафедры «Тракторы и автомобили» и учебно-научно-исследовательской лаборатории «Повышение надежности и эффективности механических систем» Самарской ГСХА разработана и используется при

исследованиях надежности тракторных силовых передач схема оптимизации трибологической системы ресурсопределяющего сопряжения [7].

Схема оптимизации (рис. 8) включает в число входных параметров определяющие, управляющие и случайные параметры, анализ взаимосвязи которых свидетельствует о преимуществах контактного взаимодействия деталей с положительным градиентом твердости при определенных условиях и режимах трения. При этом реализуется возможность формирования поверхностей трения с большей величиной ФПК и меньшей удельной силой трения, что повышает их несущую нагрузочную способность. Опыт и методы оптимизации трибологических систем [7] позволяют установить взаимосвязь их входных и выходных параметров трибологического, химмотологического и динамического характера. Процесс оптимизации предусматривает определение функциональных зависимостей основных трибологических показателей от режимов трения и изнашивания при определенной системе ограничений (регламентированный срок службы T_p , расчетная прочность материала σ_n и экономические затраты на конструктивное $З_k$, технологическое $З_t$ и эксплуатационное $З_э$ обеспечение оптимальных режимов трения и изнашивания).

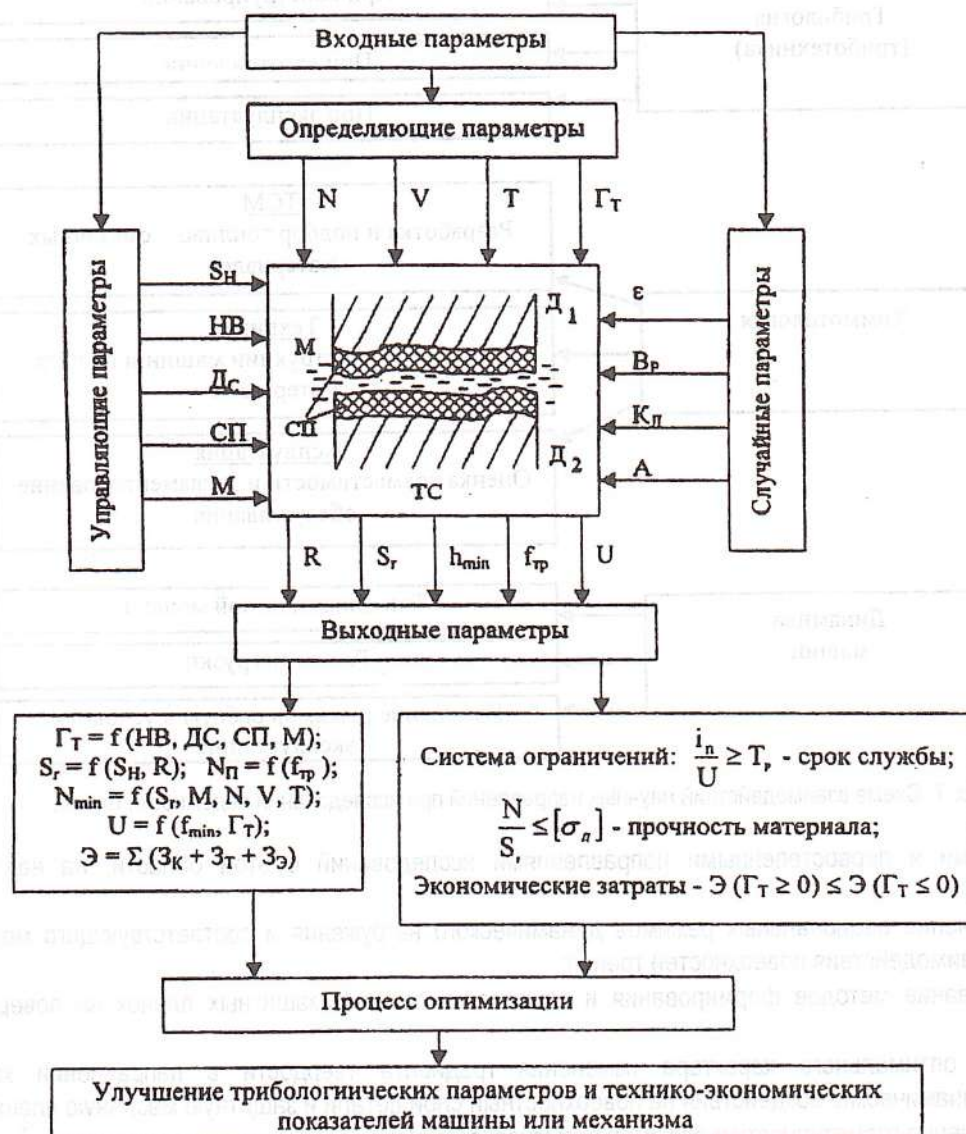


Рис. 8. Схема оптимизации трибологической системы:

D₁, D₂ – контактирующие детали; M – масляный слой; N, V, T – нагрузка, скорость и температура в контакте; S_H – номинальная площадь контакта, ε – колебания нагрузочно-скоростного и температурного режимов работы; B_p – вибрации в контакте; A – абразивная агрессивность окружающей среды; R – шероховатость поверхности трения; h_{min} – толщина масляного слоя; U – скорость изнашивания поверхностей трения

Процесс оптимизации ТС деталей с положительным градиентом твердости определяет новые задачи экспериментальных исследований, обусловленных, наряду с рациональным распределением

микротвердости металла по глубине, технологии формирования поверхностных слоев, обеспечивающих увеличение ФПК S_r и толщины смазочного слоя h_{min} , снижение энергетических потерь N_n и скорости изнашивания и ресурсопределяющих деталей.

Конструирование, изготовление и эксплуатация сопряжения деталей с положительным градиентом твердости предусматривает увеличение твердости металла в корпусе детали с целью повышения жесткости и устойчивости к внешним и внутренним колебаниям и вибрациям, а также последующее формирование поверхностного слоя диффузией мягких металлов и создания необходимой прочности с учетом нагрузочно-скоростных и температурных режимов работы. При определенных условиях трения и изнашивания возможно формирование на поверхностях трения сервитной пленки (СП), её поддержание и самовосстановление введением совместимых модификаторов трения и реметализантов в смазочную среду. В условиях полной герметичности механизма представляется возможность реализации безызносного режима его работы.

Отмеченные цели и задачи исследований являются основой деятельности триады научных направлений (трибология, химмотология, динамика машин), призванной создать необходимый банк экспериментальных данных для современного этапа совершенствования машин и механизмов и выхода на новый уровень развития техники.

Библиографический список

1. Чичинадзе А.В. Трение износ и смазка (трибология и триботехника) / А.В. Чичинадзе, Э.М. Берлинер, Э.Д. Браун [и др.]; под ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003. – 576 с.
2. Беркович И.И. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; под ред. Д.Г. Громаковский. – Самара: СамГТУ, 2000. – 268 с.
3. Крагельский И.В. Трение и износ / И.В. Крагельский. – М.: Машиностроение, 1968. – 480 с.
4. Лашхи В.Л., Гришин Н.Н. Основная задача химмотологии / В.Л. Лашхи, Н.Н. Гришин // Химия и технология топлив и масел. – 2005. - №6. – С. 8-9.
5. Гаркунов Д.Н. Триботехника (износ и безызносность) / Д.Н. Гаркунов. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
6. Гаркунов Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин) / Д.Н. Гаркунов. – М.: Издательство МСХА, 2002. – 632 с.
7. Ленивцев Г.А. Особенности трибологической системы контакта деталей с положительным градиентом твердости / Г.А. Ленивцев // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке: сб. науч. трудов СГСХА. – Самара, 2004. – С. 12-17.

УДК 621.892.3

Едуков Д.А.

ОМАГНИЧЕННЫЕ СМАЗОЧНЫЕ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАПСОВОГО МАСЛА КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СМАЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Рассмотрены актуальные вопросы улучшения триботехнических свойств рапсовых масел путём легирования их металлоплакирующими присадками и воздействия на полученную смазочную композицию постоянным магнитным полем с целью повышения надёжности тракторных трансмиссий. Определены цели и задачи исследований.

В последние годы за рубежом резко повысился интерес к практическому использованию растительных масел и продуктов их переработки в качестве компонентов смазочных материалов, обладающих возобновляемостью, высокой биоразлагаемостью и малой токсичностью. В США недавно открыт мощный завод по переработке сои в технические масла. В ФРГ разработаны технологии и налажено производство промышленных, трансмиссионных и энергетических смазочных масел из рапса и продуктов его переработки. И хотя в настоящее время себестоимость растительных компонентов несколько выше, чем у их нефтяных аналогов, с дальнейшим ростом цен на «черное золото» биомасла будут не дороже своих нефтяных «собратьев». Более того, по мере повышения урожайности сельскохозяйственных культур и совершенствования технологии производства растительных масел стоимость последних будет снижаться [1].

При возрастающих темпах производства и использования рапсового масла в технических целях главной проблемой остаётся повышение надёжности трибосопряжений, так как существующие смазочные композиции на основе рапсового масла позволяют лишь приблизиться по некоторым триботехническим показателям к смазочным материалам на основе нефтяных производных. Одним из возможных способов

решения данной проблемы может быть изменение триботехнических свойств рапсового масла легированием металлоплакирующими присадками и воздействием на полученную смазочную композицию магнитным полем. Поэтому возникает проблема разработки омагненных смазочных композиций на основе рапсового масла с целью повышения надёжности тракторных трансмиссий.

В настоящее время известны способы воздействия магнитными полями на моторные смазочные масла нефтяного происхождения [2, 3]. Результаты исследований выявили увеличение предельной нагрузки схватывания трущихся сопряжений до 17 % и уменьшение потери массы колец в 3,6...5,9 раза, а массы вкладышей – в 1,3...2,6 раз при введении в смазочное масло металлоплакирующей присадки и последующей обработки постоянным магнитным полем.

Воздействие магнитного поля на моторное масло в сочетании с ультразвуковой обработкой увеличивает кинематическую вязкость на 37,96 % и снижает скорость изнашивания цилиндров в 1,6 раза.

Механизмами данного явления могут быть:

- образование магнитных доменов цилиндрической или сферической формы, играющих роль промежуточных тел качения между поверхностями трибосопряжений;
- самопроизвольное вытеснение свободного кислорода из объема масла под действием магнитного поля, что способствует предотвращению коррозионных процессов в системе «агрегат – масло»;
- повышение электропроводимости масла, предотвращающей электрический пробой, характеризующийся интенсивным повышением температуры и износом трущихся поверхностей;
- изменением физико-химических свойств смазочного материала.

Для того чтобы увеличить антифрикционные, противоизносные и противозадирные свойства рапсового масла, его необходимо легировать металлоплакирующими присадками, направленными на реализацию эффекта безызносности – избирательного переноса при трении. Они содержат смесь жирных органических кислот, их солей металлов и глицерина. Поэтому в некоторых случаях их ещё называют металлоорганическими (МКФ – 18, «Гарант – М») [4].

В связи с этим особый интерес в данных исследованиях представляет совместимость компонентов различных металлоплакирующих присадок с рапсовым маслом, представляющим собой смесь органических кислот.

Также необходимо искусственно увеличить концентрацию предельных кислот, сравнительно устойчивых к нагреванию в среде окислителей и восстановителей, увеличивающих вязкость и температуру застывания рапсового масла (пальмитиновая кислота) [5].

Исходя из вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности применения омагненных смазочных композиций на основе рапсового масла как альтернативного смазочного материала в трансмиссиях сельскохозяйственных тракторов. Поэтому целью данных исследований будет повышение надёжности тракторных трансмиссий путём применения обоснованных методов и разработки технических средств улучшения триботехнических свойств рапсового масла, позволяющих формировать на их основе омагненные смазочные композиции с улучшенными триботехническими свойствами.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи.

1. Аналитически оценить взаимосвязь параметров триботехнической системы трансмиссии при использовании омагненных смазочных композиций на основе рапсового масла.
2. Теоретически определить концентрацию металлоплакирующей присадки в объёме смазочной композиции, исходя из условий изменения фактической площади контакта и конструктивных особенностей силовых агрегатов.
3. Теоретически определить оптимальную толщину металлоплакирующего слоя для реализации эффекта избирательного переноса при использовании рапсового масла в качестве основы смазочной композиции.
4. Разработать технологический процесс формирования омагненной смазочной композиции на основе рапсового масла в условиях потребителя путём организации специализированных центров.
5. Экспериментально проверить эффективность применения омагненных смазочных композиций на основе рапсового масла в агрегатах трансмиссии сельскохозяйственных тракторов.

Библиографический список

1. Вяземский П. Н. Рапс – это не только топливо: <http://ukroil.com.ua>
2. Ахметов В. А., Саркисов Ю. С., Спирин Е. Н. Влияние комбинированных воздействий на процессы в трибосопряжениях. // Химия и технология топлив и масел. – 2004. – № 5. – С. 46-50.
3. Лышко Г. П., Лакуста И. Г. Способ обработки моторного масла и устройства для его осуществления: Авторское свидетельство СССР № 1624021, кл. С 10 G 32/04, 30. 01.91.

4. Балабанов В. И., Ищенко С. А., Беклемышев В. И. Триботехнологии в техническом сервисе машин. – М.: Изумруд, 2005. – 192 с.

5. Едуков В. А. Снижение энергетических затрат в трансмиссиях путём использования легированного рапсового масла: Дис. ... канд. тех. наук. – Самара, 2003. – 191 с.

ББК 31.365.

Савинов Г.П., Плаксин В.Ф.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧНОСТИ ПИТАНИЯ ДВУХТАКТНЫХ ПУСКОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДИЗЕЛЕЙ

Обосновано повышение энерго-экологичного питания пускового двухтактного двигателя методом двухуровневой подачи бензино-рапсового смесового топлива.

Наиболее актуальны разработки и исследования по обоснованию методов и средств повышения энерго-экологичности питания двухтактных двигателей с кривошипно-камерной продувкой и зажиганием бензино-масляной горючей смеси электрической искрой в связи с их низкой топливной экономичностью и экологической безопасностью [1].

Двухтактные двигатели, в том числе и пусковые двигатели дизелей, питаются смесью бензина с минеральным моторным маслом в соотношении 15:1 по объему. Такая смесь поступает в цилиндр из картера через перепускное окно в конце процесса выпуска и до 30% выбрасывается с отработавшими газами в атмосферу. В цилиндре горючая смесь и большое количество остаточных газов ухудшают процесс воспламенения и сгорания, энерго-экологические показатели работы двигателя. При этом продукты сгорания такой смеси содержат токсичные компоненты: оксиды углерода, азота и углеводороды, загрязняющие окружающую среду. Продукты полного сгорания углеводородов – двуокись углерода и пары воды способствуют возникновению парникового эффекта, приводящего к повышению атмосферной температуры, потеплению климата и ряду других нарушений в экологии.

Предложено процесс топливоподачи осуществлять в верхнюю и нижние части цилиндра. Доза смеси, поступившей в верхнюю часть цилиндра к свече, обеспечит более надежное воспламенение и сгорание. Уменьшение дозы, поданной через перепускное окно в нижнюю часть цилиндра, приведет к снижению выброса горючей смеси через выпускное окно в атмосферу.

Проведена замена в бензино-масляной смеси экотоксичного минерального на альтернативное растительное экологобезопасное рапсовое масло [2].

Кислородосодержащее рапсовое масло способствует более полному сгоранию смеси и снижает содержание вредных компонентов в отработавших газах. В процессе воспроизводства и сгорания рапсового масла имеет место рециркуляция двуокиси углерода, что снижает парниковый эффект.

Двухуровневая подача бензино-рапсовой смеси применена на пусковом двигателе и испытана на стенде с целью выявления энерго-экологичности питания. В результате испытаний такой системы выявлено повышение мощности и топливной экономичности на 20%, снижение содержания оксида углерода на 25%, оксида азота – на 7% и углеводородов – на 15%.

В целом, по результатам исследований предлагается питание двухтактных двигателей с принудительной системой зажигания осуществлять двухуровневой подачей бензино-рапсовой смеси, позволяющей повысить энерго-экологичность рабочего цикла.

Библиографический список

1. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.М. Токсичность двигателей внутреннего сгорания: Учеб. пособие. – М.: Издательство РУДН, 1998. – 214 с.
2. Осадчий Г.Б. Альтернативные источники энергии и энергоустановки // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1998. - №10.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДОБАВЛЕНИЕМ КИСЛОРОДОСОДЕРЖАЩИХ АКТИВАТОРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ В МИНЕРАЛЬНОЕ ТОПЛИВО

Рассмотрена актуальная проблема экологичности находящихся в эксплуатации карбюраторных двигателей и предложен метод понижения токсичности данных систем основанный на введении растительных добавок.

Проблема снижения загрязнения атмосферы давно перешагнула границы отдельных государств и даже целых континентов, приобрела международный характер и стала практически общей для всех стран Мира. Вредные вещества, попадающие в атмосферу, разносятся воздушными потоками на огромные пространства, не считаясь с государственными границами.

Известно, что в карбюраторных двигателях при работе на обогащенных смесях из-за недостатка кислорода углеводородное топливо сгорает неполностью. При этом бензиновые двигатели работают с детонацией, с перегревом и не экономично, а в окружающую среду с выхлопными газами выбрасываются углеводороды, оксиды углерода, азота, серы, сажа и другие вещества, представляющие экологическую опасность. Выбросы оксида углерода (CO), углеводородов (CH), оксида азота (NOx) и твердых частиц (PM) стандартизируются. Их предельное содержание для новых допускаемых в эксплуатацию машин понижается с периодичностью примерно четыре года [1].

Таблица 1

Нормы токсичности

Нормы токсичности						
Нормы	Начало вступления	CO	CH	NO _x	PM	Дымы м ³
		г/кВт-ч				
Евро-0	1988	12,3	2,6	15,8	-	-
Евро-1	1992/ 1993	4,5	1,1	8,0	0,36	-
Евро-2	1996/ 1997	4,0	1,1	7,0	0,15	-
Евро-3	2000/ 2001	2,1	0,7	5,0	0,10	0,8
Евро-4	2005/ 2006	1,5	0,5	3,5	0,02	0,5
Евро-5	2008/ 2009	1,5	0,5	2,0	0,02	0,5

Для снижения выброса токсичных веществ и дымности ОГ ДВС существуют различные методы и средства, которые можно разделить на следующие основные группы:

- совершенствование рабочего процесса двигателей;
- совершенствование конструкции и технологии изготовления узлов и деталей двигателей;
- разработка дополнительных методов и устройств, снижающих токсичность и дымность ОГ;
- использование альтернативных топлив, добавок и присадок к ним;
- правильная эксплуатация, своевременное и качественное техническое обслуживание силовых установок с ДВС;
- использование нетрадиционных (новых) схем двигателей.

В России есть все технические предпосылки для обеспечения выпуска автотранспортной техники, выполняющей действующие и перспективные нормативные требования по вредным выбросам, с отставанием относительно европейского нормирования в 3 – 5 лет и ликвидацией этого отставания к 2010 г. Заводы ВАЗ, ГАЗ, УАЗ уже выпускают автомобили, удовлетворяющим европейским требованиям ЕВРО – 2 и ЕВРО - 3. На перспективу разрабатываются двигатели с регулируемым рабочим объемом и степенью сжатия, с применением кислородосодержащих топлив и водорода как в чистом виде, так и в различных смесях. Актуальность темы заключается в том, что необходимо понизить содержание выбросов в выхлопных газах уже находящихся в эксплуатации автомобилей до принятых стандартов [2].

Оксид углерода и углеводороды в ОГ являются продуктом неполного сгорания топлива из-за недостатка кислорода в камере сгорания или представляют собой несгоревшие частицы топлива.

Известно, что полное сгорание бензина, с наименьшими токсическими выбросами происходит при $\alpha = 0,9...1,15$ [3]. При работе двигателя на обогащенных смесях компенсировать недостаток кислорода можно введением кислородосодержащего активатора (рапсового масла).

Теоретически необходимое количество воздуха для сгорания 1 кг бензина определяется как

$$L^B_{тв} \equiv \frac{2,67C^B + 8H^B - O^B}{23,2}, \text{ кг/кг}, \quad (1)$$

для сгорания 1 кг кислородосодержащего активатора:

$$L^A_{тв} \equiv \frac{2,67C^A + 8H^A - O^A}{23,2}, \text{ кг/кг}, \quad (2)$$

где C^B , H^B , O^B - содержание углерода, водорода и кислорода в бензине;

C^A , H^A , O^A - содержание углерода, водорода и кислорода в кислородосодержащем активаторе;

23,2 - массовое содержание кислорода в воздухе;

2,67 - количество кислорода для полного сгорания углерода.

8 - количество кислорода для полного сгорания водорода [3].

Учитывая, что $O^B < O^A$ можно сделать вывод: теоретически необходимое количество воздуха для сгорания бензина ($L^B_{тв}$) необходимо больше чем для сгорания смеси бензина и кислородосодержащего активатора (рапсового масла) ($L^{A+B}_{тв}$), тогда

$$\alpha^B = \frac{L_D}{L^B_{тв}} < \alpha^{B+A} = \frac{L_D}{L^{B+A}_{тв}}, \quad (3)$$

где L_D - действительно поступившее количество воздуха в цилиндр, одинаково в обоих случаях;

α^B и α^{B+A} - коэффициенты избытка воздуха.

Для лучшего смесеобразования рапсовое масло предлагается впрыскивать во впускной коллектор двигателя, минуя карбюратор.

При рассмотрении использования различных средств, методов, конструктивных решений нужно иметь в виду, что эти усовершенствования могут дать эффект снижения выбросов вредных веществ, но при этом, может, ухудшаться топливная экономичность двигателя и теряться его мощность. Поэтому исследования направлены на теоретическое и экспериментальное обоснование возможности применения рапсового масла в качестве кислородосодержащего активатора, растительного происхождения, для карбюраторных систем питания с целью повышения экологичности двигателей.

Библиографический список

1. Горбунов В.В., Патрахальцев Н.Н. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Издательство Российского университета дружбы народов, 1998. – 214 с., ил.
2. Методы и системы снижения токсичности отработанных газов автотракторных двигателей: Уч. пособие / В.И. Цыпцын, В.А. Стрельников, Г.М. Легошин [и др.]. – Саратов: Саратов. гос. агр. ун-т, 1998. – 140 с.
3. Лышко Г.П. Топливо и смазочные материалы. – М.: Агропромиздат, 1985. – 336 с.: ил.

УДК 621.892.3

Быченин А.П., Болдашев Г.И.

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМА ИЗНОСНЫХ ИСПЫТАНИЙ СМАЗОЧНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА РОЛИКОВОЙ МАШИНЕ ТРЕНИЯ

Рассмотрены виды и причины изнашивания прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры. Рассмотрены нагрузочные режимы при износных испытаниях на машине трения 2070 СМТ-1.

В настоящее время наиболее распространенным источником энергии в сельском хозяйстве является дизельный двигатель внутреннего сгорания. Им оборудуется подавляющее большинство тракторов и большегрузных автомобилей. Тому есть несколько объективных причин: дизель экономичнее бензинового двигателя, дает меньше вредных выбросов в атмосферу, имеет лучший коэффициент приспособляемости. Дизельная топливная аппаратура лучше приспособлена к регулировке ввиду отсутствия диффузоров и других нерегулируемых сечений. Важным преимуществом дизеля является то обстоятельство, что он может работать не только на дизельном топливе и газе, но и на альтернативном топливе растительного или искусственного



происхождения. В связи с этим в обозримом будущем отказа от применения дизельных двигателей не предвидится, так как равноценной замены им пока не существует.

На сегодняшний день одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед инженерами-автомобилистами, является повышение ресурса дизельного двигателя, в том числе и за счет уменьшения изнашивания прецизионных пар топливной аппаратуры. Доля отказов топливной аппаратуры от общего числа отказов дизелей достигает 20-50%. При этом наиболее частыми дефектами ТНВД и форсунок являются, соответственно, заклинивание и износ плунжера, зависание иглы и разгерметизация по запирающему конусу [1].

При увеличении зазоров плунжерных пар снижается цикловой заряд топлива, так как оно подтекает, ухудшается качество распыливания, нарушается регулировка топливного насоса, возникают перебои в работе двигателя и даже его остановки [2]. При неправильной регулировке или неисправности одной форсунки дизеля расход топлива увеличивается на 10...20%. Таким образом, ресурс дизельной топливной аппаратуры оказывает большое влияние на работу двигателя.

Прецизионные пары являются ресурсопределяющими сопряжениями топливной аппаратуры и дизеля в целом. Плунжерные пары насосов высокого давления работают в условиях больших нагрузок и интенсивного истирания. В процессе возвратно-поступательного движения плунжера и при малых зазорах происходит интенсивное изнашивание как цилиндрических поверхностей плунжера и гильзы, так и их кромок и торцов [3]. Поэтому материалы плунжерных пар должны иметь высокую твердость и износостойкость в условиях повышенного давления топлива. Данные детали изготавливаются с высокой точностью из дорогостоящих легированных и инструментальных сталей (ХВГ, Р18, ШХ-15, 18Х2НЧВА и 25Х5МА) [3, 4, 5]. Износостойкость деталей прецизионных пар лимитирует ресурс топливных насосов и форсунок, оказывает существенное влияние на топливную экономичность и мощность дизелей.

На величину изнашивания прецизионных пар оказывает влияние множество факторов, учесть которые полностью при проведении исследований не представляется возможным. Большинство исследователей [1, 3, 5] сходятся во мнении, что основными видами изнашивания в данных сопряжениях являются абразивное и гидроабразивное. Наиболее нежелательным явлением считается заклинивание абразивных частиц между окнами и кромками плунжера в кольцевом зазоре. Поверхности плунжера и втулки изнашиваются неравномерно. Абразивный износ преобладает в области наполнительных окон втулки и торца плунжера, перекрывающего кромки окон втулки. Износ прецизионных поверхностей также наблюдается в районе перепускных отверстий и перекрываемых ими кромок [5]. За первые 300 ч у плунжера начальный зазор в 1...4 мкм может увеличиться на 3...5 мкм. Наибольшие изменения в процессе топливоподачи наблюдаются при увеличении зазора в плунжерной паре, минимальные – при повышении зазоров в распылителе [1]. Самым распространенным видом отказа топливного насоса УТН-5 является износ плунжерной пары. Плунжер изнашивается в основном в области головки плунжера, особенно на участке в верхней его части, расположенном против впускного окна гильзы. У гильзы изнашивается внутренняя поверхность, примыкающая к впускному и перепускному окну [6].

Таким образом, можно сделать заключение, что наиболее рациональным способом повышения ресурса прецизионных пар топливной аппаратуры является уменьшение изнашивания сопрягаемых деталей. Такого эффекта можно добиться несколькими способами:

- увеличением твердости плунжера и втулки;
- улучшением фильтрования топлива;
- увеличением смазывающей способности топлива.

С точки зрения простоты применения наиболее перспективным является последний способ. Н.И. Итинская в своей работе упоминает о положительном влиянии увеличения вязкости топлива на уменьшение величины изнашивания прецизионных пар [2]. В то же время чрезмерное увеличение вязкости ведет к нарушению работы топливной аппаратуры.

Повысить смазывающую способность можно применением альтернативных топлив биологического происхождения, в частности, на основе рапсового масла. Как показали предварительные испытания на четырехшариковой машине трения, добавление в дизельное топливо 10...15% рапсового масла привело к уменьшению диаметра пятна износа, что позволяет сделать предположение о положительном влиянии такого смесового топлива на детали топливной аппаратуры дизеля. Применение биодизельного топлива вполне возможно. Например, в Австрии уже сейчас биодизельное топливо составляет 3% общего рынка дизельного топлива. В США планируется на 20% заменить обычное дизельное топливо биодизельным и использовать его на морских судах, городских автобусах и грузовых автомобилях [7].

Для обоснования возможности снижения износа прецизионных пар дизельной топливной аппаратуры путем добавления в топливо рапсового масла необходимо провести ряд стендовых испытаний. Одним из методов определения трибологических свойств дизельного топлива являются износные испытания.

При проведении износных испытаний на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «колодка - ролик» имеется возможность варьировать двумя факторами: частотой вращения вала и нагрузкой на колодку. Оба этих фактора являются весьма важными при испытании сопряжений, имитирующих пары трения в трансмиссиях машин. При испытаниях, призванных имитировать работу прецизионной пары плунжер - втулка, имеются некоторые трудности. Это касается определения нагрузочного и скоростного режима испытаний.

Определить частоту вращения ролика довольно легко - достаточно знать частоту вращения кулачкового вала топливного насоса. Определение же нагрузки на ролик связано с некоторыми трудностями.

Рассмотрим схему работы нагнетательной секции топливного насоса УТН-5.

На представленной схеме (рис. 1) показаны силы, действующие на плунжер. Сила P , действующая на толкатель со стороны кулачкового вала, раскладывается на силу P' , направленную по оси толкателя, и тангенциальную силу P'' , которая прижимает толкатель к стенке направляющей. С толкателя непосредственно на плунжер передается только сила P' . На верхний торец плунжера действует давление топлива P_m , достигающее максимального значения в момент времени перед открытием нагнетательного клапана. Благодаря наличию двух центрирующих винтовых канавок это же давление действует на стенки втулки, препятствуя перекоосу плунжера и его прижатию к одной стороне цилиндрической поверхности втулки.

Со стороны впускного отверстия, так же, как и со стороны отсечного отверстия втулки, действует давление топлива P'_m , создаваемое подкачивающей помпой. Оно много меньше по значению, чем давление в нагнетательной полости, поэтому представляется возможным пренебречь им. Таким образом, анализ сил, действующих на плунжер, позволяет сделать заключение об отсутствии прижатия плунжера к цилиндрической поверхности втулки, так как плунжер имеет свойство самоцентрирования.

Б.Н. Файнлейб [5] отмечает, что важным фактором, определяющим плотность плунжерной пары при прочих равных условиях, является положение плунжера во втулке в момент активного хода. На рисунке 2 представлены схемы поперечных сечений

расположения плунжера относительно отверстия втулки в рядном насосе с неуравновешенным плунжером (а), и в рядном насосе с уравновешенным от боковых усилий плунжером (б). Схема (б) применяется в современных конструкциях рядных насосов марок УТН-5, ЯМЗ-236 и т.п.

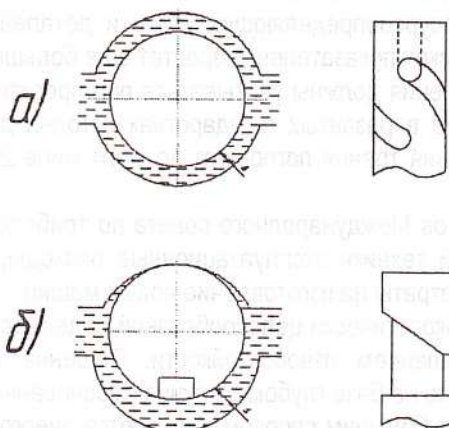


Рис. 2. Схема поперечного сечения расположения плунжера относительно отверстия втулки

Таким образом, можно прийти к выводу, что трения скольжения в чистом виде при работе плунжерной пары не наблюдается, а износ прецизионных поверхностей обусловлен в основном абразивным и гидроабразивным изнашиванием. Поэтому при моделировании данного процесса на роликовой машине трения 2070 СМТ-1 по схеме «колодка - ролик» теоретически рассчитать нагрузку, соответствующую реальной силе трения скольжения в зазоре сопряжения втулка-плунжер, не представляется возможным.

В связи с этим рационально будет подобрать нагрузку так, чтобы за короткое время испытания износ поверхностей был значительным. Такую нагрузку можно определить, проведя ряд индивидуальных поисковых испытаний на машине трения при использовании ролика и колодки, изготовленных из стали ШХ-15.

Испытуемое сопряжение не будет полным подобием реального, но обеспечит необходимую для лабораторных испытаний степень достоверности результатов.

Библиографический список

1. Двигатели внутреннего сгорания: Системы поршневых и комбинированных двигателей: Учебник для вузов по специальности «Двигатели внутреннего сгорания» / С.И. Ефимов, Н.А. Иващенко, В.И. Ивин [и др.]; Под общ. ред. А.С. Орлина, М.Г. Круглова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 456 с.: ил.
2. Итинская Н.И., Кузнецов Н.А. Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. – М.: Колос, 1982. – 208 с.: ил.
3. Лышевский А.С. Системы питания дизелей: Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Двигатели внутреннего сгорания». – М.: Машиностроение, 1981. – 216 с.: ил.
4. Ремонт машин / Под ред. Тельнова Н.Ф. – М.: Агропромиздат, 1992, 560 с.: ил. – (Учебники и учеб. пособия для высш. учеб. заведений).
5. Файнлейб Б.Н. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1990. – 352 с.: ил.
6. Филимонова О.Н. Совершенствование оценочных параметров топливных насосов дизельных двигателей при сертификации услуг по техническому сервису: Дисс... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Ульяновск, 2005. – 132 с.
7. Филиппов А.А. Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств путем подбора альтернативных видов топлива: Дисс... на соискание ученой степени канд. техн. наук. – Оренбург, 2004. – 135 с.

УДК 621.892.3

Бажутов Д.Н., Ленивец Г.А.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ТРАКТОРНЫХ ГИДРОСИСТЕМ

В данной статье рассмотрены вопросы повышения надежности ресурсопределяющих элементов гидросистем энергонасыщенных тракторов.

Вопрос повышения надежности и увеличения ресурса машин и технических систем получил сегодня интенсивное развитие во всех промышленно развитых странах.

Как известно, уже со второй половины XX века надежность, экономичность и экологичность сельскохозяйственной техники начали определяться в основном не показателями прочности, а трибологическими показателями ресурсопределяющих узлов и деталей, работающих с трением. В XXI веке, безусловно, роль трибологических показателей возрастет еще больше.

Поэтому трибологические явления должны учитываться при проектировании и эксплуатации машин. Потери средств от трения и износа в развитых государствах сегодня достигают 4...5 % национального дохода, а преодоление сопротивления трения поглощает во всем мире 20...25 % вырабатываемой за год энергии.

Анализ специальных комитетов Международного совета по трибологии показал, что за полный цикл эксплуатации сельскохозяйственной техники эксплуатационные расходы, затраты на ремонт и запасные части в несколько раз превышают затраты на изготовление новых машин.

Повышение экономически и экологически целесообразной надежности сельскохозяйственной техники непосредственно связано с повышением износостойкости. Решение этой актуальной и практически необходимой задачи возможно только на базе глубоких научно обоснованных решений.

В сельском хозяйстве сегодня большим спросом пользуются энергонасыщенные тракторы. Развитие конструкций и функционального назначения таких тракторов привело к замене механических трансмиссий на гидропривод. Преимущества последнего обусловлены низкой металлоемкостью, значительной передаваемой мощностью, плавной и равномерной ее передачей с высоким КПД (около 95%). Агрегатное исполнение гидропривода и связь агрегатов с помощью гидролиний позволяют легко компоновать привод практически для любого числа рабочих органов. Благодаря гидроприводу значительно упрощается и облегчается управление рабочими органами, автоматизируются технологические операции. Поэтому

работоспособность трактора сегодня во многом определяется надежностью различных гидравлических систем, входящих в конструкцию его агрегатов.

Рабочим телом для гидравлических систем и гидромеханических передач тракторов служат легкоподвижные и практически несжимаемые жидкости – гидравлические масла. Они работают в очень тяжелых условиях – при температурах от +70 до –40°C и давлении до 10 МПа, в контакте с деталями из цветных и черных металлов, с резиновыми и кожаными уплотнителями, шлангами. Применяемые в гидросистемах масла служат не только рабочей жидкостью, но одновременно осуществляют смазку подшипников насосов.

Основной причиной снижения надежности и, в частности, интенсивного износа гидроагрегатов является загрязнение рабочей жидкости механическими примесями. Считается, что большинство аварийных ситуаций в гидросистемах происходит вследствие загрязнения. Основными источниками загрязнения являются последствия долива жидкостей, особенно на объектах, вне базы, а также при замене жидкости. Кроме того, загрязнители остаются в гидросистеме и ее элементах после изготовления и ремонта. Часть загрязнителей поступают в рабочие жидкости при эксплуатации трактора. Это пыль и грязь, поступающие через уплотнения штоков гидроцилиндров, продукты износа трущихся деталей гидронасосов, гидромоторов. Причиной износа может быть частичное разрушение фильтрующих элементов.

Поэтому для повышения надежности гидросистем важное значение имеет не только точное соблюдение технологии изготовления деталей, качество поверхностей деталей, выбор оптимальной рабочей жидкости, но и правильная организация их технического обслуживания.

В этой связи должны осуществляться:

- входной и текущий контроль качества масел (на сегодня очень важен входной контроль масел в виду многообразия путей поступления их к потребителю);
- соблюдение взаимозаменяемости масел по отечественной и зарубежной маркировке с учетом классификации по вязкости (SAE) и классификации по условиям работы (AP1);
- контроль уровня герметичности сборочных единиц с устранением мест разгерметизации;
- использование номограмм для ресурсной оценки сборочных единиц по изменению диагностических параметров герметичности механизмов;
- сбор отработанных масел, их восстановление в условиях потребителя и повторное использование в гидравлических системах с менее напряженными условиями работы.

Надежность и срок службы элементов гидросистем во многом определяется эксплуатационными характеристиками гидравлических масел. Сегодня стали очевидными преимущества перехода от рабочих жидкостей на нефтяной основе к альтернативному использованию масел растительного происхождения. Установлено, что трибологические свойства рапсового масла близки, а в некоторых случаях превосходят показатели базовой основы нефтяных гидравлических масел. Применение композиций на основе растительных масел в качестве рабочей жидкости для гидравлических систем позволяет повысить технико-экономические и, что не менее важно, экологические показатели сельскохозяйственной техники.

Важным ресурсопределяющим элементом гидросистем тракторов является масляный насос. Повышение его надежности возможно путем введения специальных полиамидных защитных пластин для фигурных манжет; применения запрессованных металлофторопластовых втулок, которые позволяют увеличить нагрузки на подшипники и обеспечить их надежную работу; использование подшипников скольжения из антифрикционных сплавов с низким коэффициентом трения. Повышает прочность корпусов и улучшает условия работы деталей качающего узла постепенный переход на исполнение насосов со сквозными корпусами и двумя крышками. Применение высокопрочных сплавов позволяет оптимизировать геометрические параметры корпусов и крышек насосов, уменьшить их массу при увеличении прочностных характеристик.

Повышению надежности гидросистемы способствуют следующие решения:

- применение четырехзолотниковых гидрораспределителей с тросовым приводом управления золотниками;
- переход на ниппельно-штуцерные соединения с углом конуса 24 град;
- замена большей части труб и части дюритов на рукава высокого давления;
- применение на всех рукавах фитингов с резиновым уплотнительным кольцом на ниппеле;
- дополнительная установка двух напорных фильтров.

Перспективным направлением повышения ресурса энергонасыщенных тракторов сегодня представляется проведение исследований его эксплуатационной надежности в условиях объединенных смазочной и гидравлической систем ресурсопределяющих силовых сборочных единиц. Учитывая бифункциональную роль и трибологические показатели рапсового масла, становятся очевидными

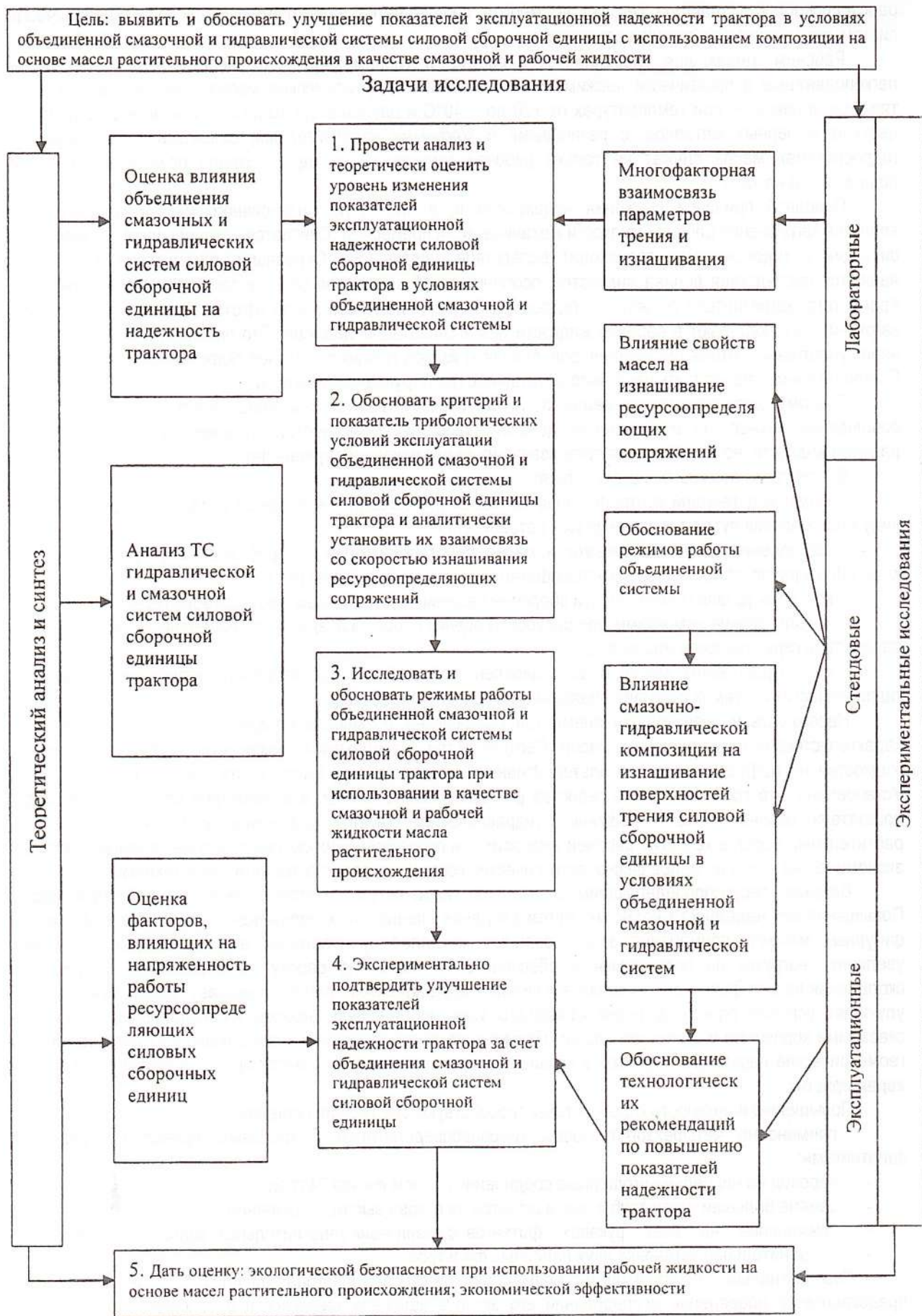


Рис. 1. Структурная схема исследования эксплуатационной надежности трактора при объединении смазочных и гидравлических систем силовых сборочных единиц

преимущества его возможного использования в качестве смазочной и рабочей жидкости при объединении систем. В связи с этим нами предложена следующая тема исследования: «Исследование эксплуатационной надежности трактора при объединении смазочных и гидравлических систем силовых сборочных единиц».

Рабочая гипотеза исследования основана:

- снижении скорости изнашивания ресурсопределяющих сопряжений смазочной и гидравлической систем силовой сборочной единицы трактора при условии их объединения;
- использовании масел растительного происхождения в качестве смазочной и рабочей жидкости для объединенной смазочной и гидравлической системы силовой сборочной единицы трактора, обеспечивающих снижение скорости изнашивания ресурсопределяющих сопряжений.

Цель исследования состоит в выявлении и обосновании улучшения показателей эксплуатационной надежности трактора в условиях объединенной смазочной и гидравлической системы силовой сборочной единицы с использованием композиции на основе масел растительного происхождения в качестве смазочной и рабочей жидкости.

Нами составлена структурная схема (рис.1), где отражены основные элементы методики проведения исследования.

Библиографический список

1. Исследование и испытание гидросистем машин / Б.Ю. Желтовский. – Мн.: УП «Технопринт». – 2004. – 204 с.
2. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 2003 – 576 с.
3. www.kirovetcz.ru
4. www.tractor.ru

УДК 620.179

Музыкантов И.П.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ ТРАКТОРНЫХ СИЛОВЫХ ПЕРЕДАЧ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ГЕРМЕТИЗИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Рассмотрены способы повышения эксплуатационной надежности силовых передач тракторов за счет улучшения герметичности подшипниковых узлов. Данную проблему решают за счет применения полимерных композиционных материалов, повышения износостойкости уплотнительных устройств путем модифицирования резиновых уплотнений, нанесением на трущиеся поверхности соединения металлоорганических покрытий и введения в смазочные материалы металлоорганических присадок.

Долговечность и работоспособность агрегатов тракторных силовых передач определяется надежностью отдельных конструктивных элементов. Требования надежной и безотказной работы агрегатов связаны с обеспечением высокой степени их герметичности.

Анализ деталей и узлов (дефектов) герметизирующих устройств (ГУ) агрегатов тракторных трансмиссий показал, что потеря герметичности связана, главным образом, с изменением физико-механических свойств, износом и частичным разрушением уплотнительных элементов ГУ. Изменение физико-механических свойств материала уплотнительных элементов, выполняемых из резины, проявляется в появлении остаточной деформации, утраты упругих свойств и в повышении жесткости. Одновременно под воздействием переменных температур и давлений рабочей среды появляются микротрещины, выкрашивание и разрушение поверхности уплотнительных резиновых колец и манжет [1].

Все это требует от материала уплотнений целого ряда реологических свойств, сохраняющихся во время длительной эксплуатации, к числу которых относятся упругость, эластичность, износостойкость.

На потерю функциональных свойств манжетных уплотнений оказывают влияние следующие основные факторы [5]:

- старение уплотнительного материала, обусловленное наличием резкого перепада температуры окружающей среды, воздействием химических (в том числе поверхностно-активных веществ (ПАВ) различных присадок, вводимых в смазочные материалы) и механических факторов;
- износ уплотняющей кромки, обусловленный трением о поверхность движущейся детали, как правило, металлической, в условиях воздействия растворов органических и неорганических ПАВ масел, присадок, внешней среды, механических загрязнений и абразива.

В соответствии с изложенными особенностями манжетные уплотнения должны обладать такими характерными свойствами, как минимальное сцепление с валом в момент начала относительного движения (пуска), гарантированное отсутствие утечек смазочного материала в период интенсивной эксплуатации, минимальный износ уплотнения в условиях повышенного содержания абразивных частиц, как в окружающей среде, так и в смазочном материале. Крайне важным является также обеспечение снижения износа посадочного места на валу (более дорогой детали) под уплотнение в результате шаржирования поверхности абразивом.

Исключить физические причины потери герметичности и появления отказов ГУ возможно путем изменения конструкции уплотнений с заменой материала уплотнительных элементов на относительно мягкие полимерные материалы или полимерные композиционные материалы (ПКМ), а также за счет повышения износостойкости уплотнительных устройств путем модификации резиновых уплотнений во время выполнения ремонтно-обслуживающих работ.

Для обеспечения длительной работоспособности (герметичности) ГУ материал уплотнительного элемента должен обладать хорошими антифрикционными свойствами для уменьшения работы трения и выделения теплоты и высокой износостойкостью. Эта задача решается путем создания ПКМ на основе политетрафторэтилена (ПТФЭ) методом структурной модификации ПТФЭ введением различных наполнителей в процессе изготовления заготовок для уплотнительных колец или модифицированием поверхностей трения специальными металлосодержащими композициями и введением в смазочные материалы металлоорганических присадок.

Одной из основных причин интенсивного изнашивания уплотнений, по мнению специалистов, является прилипание их рабочих кромок к поверхности вала в состоянии длительного покоя и, как следствие, резкое увеличение момента трения в период разгона [2].

Московским государственным агроинженерным университетом им. В.П. Горячкина предложен метод комплексного воздействия на соединение «вал – манжетное уплотнение», заключающийся в нанесении на трущиеся поверхности соединения металлосодержащих покрытий и введения в смазочные материалы металлоорганических присадок. Поверхность стального вала подвергалась ФАБО, а на рабочую поверхность резинового уплотнения наносилась металлосодержащая композиция, содержащая дисперсную медь или ее оксиды. Специфичность задачи заключалась в надежном фиксировании дисперсных частиц меди на поверхности материала уплотнения, сформированного на основе бутадиеннитрильного каучука.

Для сохранения комплекса эксплуатационных свойств уплотнения при его модификации жесткими частицами подбирали композиции исходя из условий не только обеспечения повышенной адгезии к каучуку и высокой износостойкости рабочей кромки уплотнения, но и сохранения их релаксационных свойств, маслостойкости, водостойкости и морозостойкости, стабильности их свойств при хранении.

Сравнительный анализ различных материалов и их композиций, выпускаемых промышленностью, показал, что указанным условиям лучше всего удовлетворяет композиция на основе изоцианатного мономера с лигирующими добавками лакопролов с различной молекулярной массой и функциональностью, в частности ООПГ 1052, 2002, 3003, 5003. В качестве наполнителя был выбран медный порошок дисперсностью 20...100 мкм. Содержание наполнителя – 4...5 %.

Стендовые испытания модифицированных манжетных уплотнений при смазывании их трансмиссионным маслом показали положительные результаты. Пусковой момент трения уменьшился в 3 раза, а износ за 150 ч испытаний снизился в 2,9 раза, при этом утечки масла через уплотнения уменьшились в 2,6 раза.

Для ремонтно-обслуживающих предприятий Министерства сельского хозяйства и продовольствия разработано руководство по нанесению медьсодержащих покрытий на рабочую поверхность манжетных уплотнений и условиям их дальнейшей эксплуатации (РТМ 10.0019 – 94).

Всесоюзным научно-исследовательским технологическим и проектно-конструкторским институтом кранового и тягового электрооборудования завода «Динамо» им. С.М.Кирова предложен способ повышения износостойкости резиновых армированных манжет покрытием рабочей (уплотняющей) поверхности антифрикционной композицией, состоящей из лака ФБФ-74Д (5 вес. ч.) и графита С-1 (1 вес. ч.) [4]. Покрытие наносят двумя слоями. Первый слой, нанесенный на обезжиренные в ацетоне и высушенные на воздухе манжеты, сушат на воздухе 30 мин при температуре 18...23°C и столько же при 50°C. После этого манжеты охлаждают и наносят второй слой композиции, который сушат по 30 мин на воздухе при 18...23 и 50°C. Нанесенное покрытие отверждается в течение 1 ч при 140...150°C.

Износостойкость покрытых манжет, уплотняющих штоки при возвратно-поступательном движении, повышается на 66 % по сравнению с непокрытыми, а уплотняющих валы – более чем в два раза.

Омским танковым инженерным институтом проведены исследования, при которых в зависимости от особенностей конструкции ГУ и условий эксплуатации использовали различные виды наполнителей и

задавали необходимые технологические режимы изготовления заготовок, обеспечивающие получение требуемых свойств ПКМ (твёрдость, прочность, жесткость, износостойкость) за счет изменения фазового состава и параметров надмолекулярной структуры полимерной матрицы [3].

Наибольший эффект повышения механических и триботехнических свойств ПТФЭ получен при модифицировании комплексным дисперсно-волоконистым наполнителем (углеродное волокно + ультрадисперсный скрытокристаллический графит + дисперсный дисульфид молибдена). Результаты рентгеноструктурного анализа позволили высказать предположение о развитии процессов структурной самоорганизации в многокомпонентной системе при нагреве спрессованной композиции выше температуры плавления кристаллической фазы и последующего медленного охлаждения. Результатом кооперированного сомосогласованного развития адсорбционно-ориентационных процессов самоупорядочения является формирование аморфно-кристаллической надмолекулярной структуры с уменьшенным размером кристаллитов – 52,5 нм, что на 18% меньше размера кристаллитов чистого и модифицированного только углеродным волокном ПТФЭ. Названное уменьшение размеров кристаллитов и повышение степени кристалличности приводит к повышению механических и триботехнических свойств ПКМ.

С целью повышения надежности уплотнений для каждого из вышеуказанных механизмов разработаны конструкции комбинированных ГУ, которые вместо резиновых уплотнений (манжеты, кольца) содержат уплотнительные элементы из полимерных композиционных материалов на основе ПТФЭ в виде колец с тонкой уплотняющей губкой и силовые элементы-эспандеры в виде резиновых колец круглого сечения.

Таким образом, в условиях достаточной герметичности систем и механизмов, фильтрации и терморегулирования смазочных масел с использованием соответствующих присадок, появляется возможность реализации безыносного режима работы сопряжений тракторных силовых передач.

Библиографический список

1. Агакишев Х.Д. Улучшение герметичности тракторных трансмиссий. – Ашхабад, 1987. – 48 с.
2. Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безыносность): Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МСХА, 2001. – 616 с.
3. Машков Ю.К., Мамаев О.А., Шулдыков Н.А., Липина Н.А. Повышение надежности герметизирующих устройств многоцелевых гусеничных и колесных машин // Омский научный вестник. – 2001. – Вып. 14. – С.99-101.
4. Ракин Я. Ф. Эксплуатация подшипниковых узлов машин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 191 с.
5. Уплотнения и уплотнительная техника: справочник / Под общ. ред. А.Н. Голубева, Л.А. Кондакова. – М.: Машиностроение, 1994. – 448с.

УДК 621.791.01.

Воротягин М.И.

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ РЕМОНТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, КАК СПОСОБ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ

В статье дается анализ существующего состояния машинотракторного парка в сельскохозяйственном производстве и необходимая потребность использования полимерных материалов в процессе ремонта, как один из способов ресурсосберегающей технологии. Приведены полимерные материалы, которые могут получить широкое применение в процессе ремонта сельскохозяйственной техники, а также методы их использования для восстановления деталей.

Ремонт сельскохозяйственной техники, восстановление её сборочных единиц и деталей позволяет удешевить эксплуатацию машинотракторного парка.

Стратегия ремонта ещё более проявляется в период снижающегося поступления новой техники и её высокой стоимости.

Себестоимость восстановления деталей, как показали исследования и практика ремонта и эксплуатации [1], составляет 50...70% ресурса новых, а ресурс восстановленных достигает 80...90%.

Приоритетность стратегии частичного воспроизводства техники на современном уровне развития агропромышленного комплекса подтверждается относительным удешевлением ремонта по отношению к ценам на новую технику. Цены на новую технику растут быстрее, чем затраты на ремонт, в процессе которого стали широко использоваться детали, сборочные единицы и агрегаты машин, предназначенных к утилизации.

Потребность в ремонте в настоящее время не уменьшилась в сравнении с 1990 годом. Всего в стране насчитывается около 700 тыс. исправных тракторов. За 1998 год было произведено всего лишь 8,3 тыс. тракторов, т.е. столько, сколько в 1990 году производилось за 2 недели [2].

Для техники находящейся за пределами нормативных сроков амортизации в машинотракторном парке составляла около 80%.

В этих условиях важное значение имеет сбережение ресурсов – восстановление изношенной техники, сборочных единиц, деталей.

Одним из способов ресурсосбережения является применение полимерных материалов в процессе ремонта сельскохозяйственной техники.

Полимерные материалы и композиции на их основе разделяют на термопластичные и термореактивные. Наиболее распространенными термопластичными материалами при ремонте машин являются: полиамиды, полиформальдегид, поликарбонаты. Из термореактивных материалов наибольшее распространение получили фенопласты на основе фенолформальдегидных смол, наполненных порошками или волокнами, к которым относятся АГ4, применяемый в ремонтном производстве и др. На основе синтетических смол созданы различные композиционные и клеевые материалы, используемые для заделки трещин, швов, пробоин и приклеивания накладок.

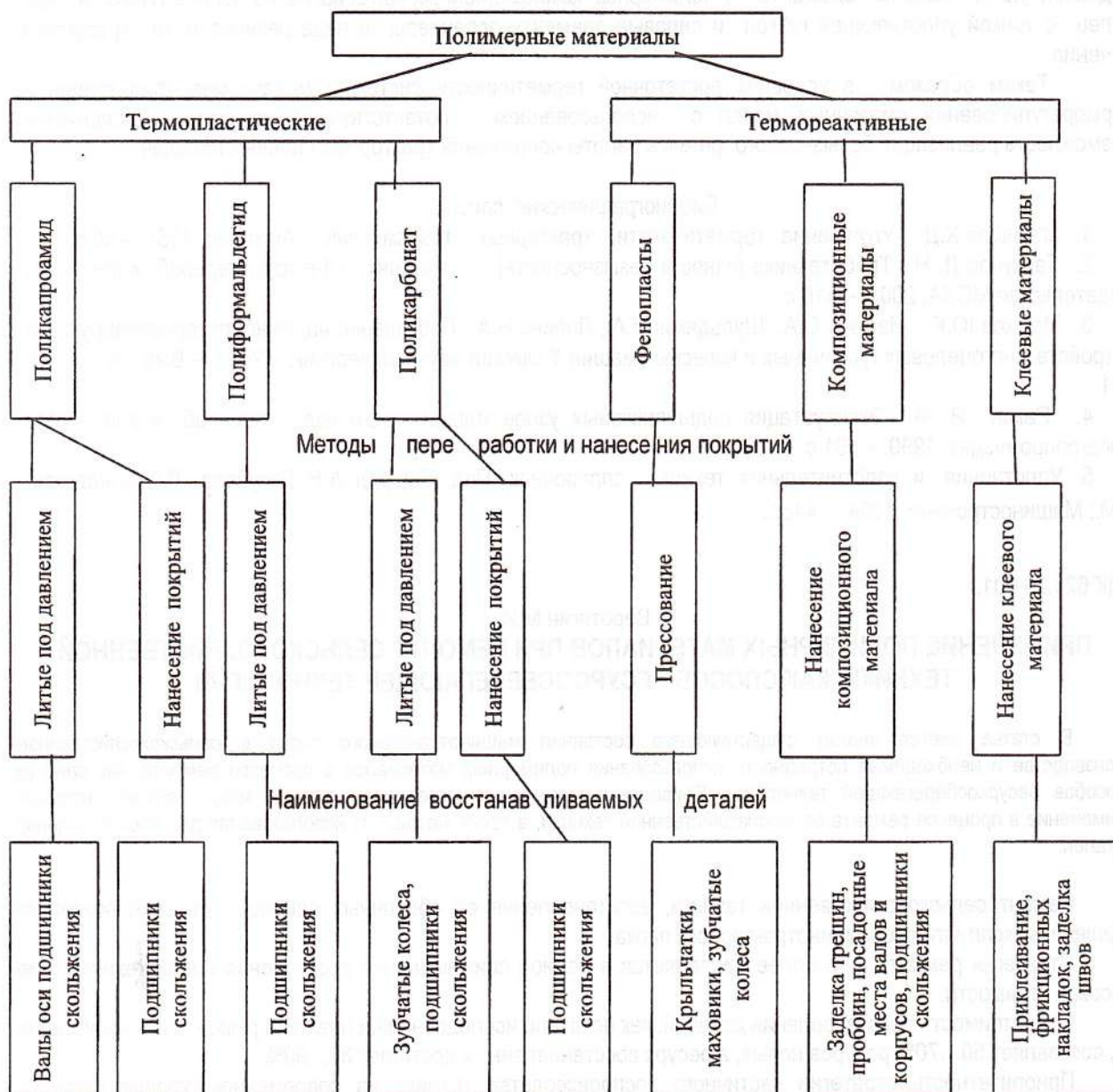


Рис. 1. Полимерные материалы, методы их переработки и нанесение покрытий, используемые при ремонте машин

Полимерные материалы легко перерабатываются в изделия с коэффициентом переработки 0,89...0,95. Высокопроизводительные методы, применяемые при изготовлении деталей и нанесении покрытий позволяют значительно снизить производственные затраты, улучшить условия труда.

Различные виды полимерных материалов, методы их обработки и нанесение покрытий при восстановлении деталей сельскохозяйственной техники представлены на рисунке 1.

Наиболее широкое применение из термопластичных материалов получил поликапроамид, который может быть использован для восстановления подшипников скольжения, изношенных поверхностей осей и валов. Покрытия из поликапроамида можно наносить литьем под давлением с любой толщиной слоя и нанесением покрытий до 0,3 мм другими способами.

Широкое применение при ремонте подшипников скольжения может получить поликарбонат. В перспективе могут получить широкое применение ароматические полиамиды, на которые в меньшей степени сказывается повышение температурного режима.

Тонкослойные покрытия до 0,3 мм могут быть нанесены центробежным способом, в псевдосжиженном слое, струйным и другими методами. В качестве материала могут быть использованы поликапроамид, эпоксидная смола и другие материалы в порошкообразном или жидкообразном виде.

Широкое применение в неподвижных соединениях полимерные материалы могут получить при ремонте посадочных поверхностей, под подшипники качения или скольжения с использованием различных компаундов и композиций, которые дают возможность не только восстанавливать характер соединения, но и компенсировать погрешности расположения осей корпусов и валов за счет эластичности материала.

Наиболее широкое применение в машиностроении [4] получил отечественный композит Реком Б, который может широко использоваться для ремонта корпусных деталей, для заделки трещин, пробоин, вмятин, восстановления изношенных поверхностей валов, постелей, втулок шлицевых соединений, герметизации соединений и швов, работающих при температуре рабочей до 150°C и допустимой кратковременной - 200°C.

Широкое применение в настоящее время могут получить клеевые материалы для склеивания фрикционных накладок с металлическими дисками. Приклеивание фрикционных накладок синтетическими клеями позволяет увеличить срок службы их в 2...3 раза, снизить трудоемкость ремонта и расход цветных металлов.

Проведенный анализ применения полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники показывает необходимость широкого их использования для восстановления различных деталей, повышая долговечность работы сельскохозяйственной техники при минимальных затратах.

Таким образом, использование полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники является одним из способов ресурсосберегающей технологии в сельскохозяйственном производстве.

Библиографический список

1. Материально-техническое обеспечение Агропромышленного комплекса. / Под ред. В.Я. Лишарева. – М.: Известия, 2004. – 623 с.
2. Чернованов В.И. Восстановление техники – приоритетная задача сельскохозяйственного машиностроения и ремонтной базы в АПК. // Техника в сельском хозяйстве. – 2000. - №6. – С. 7...10
3. Обработка пластмасс в машиностроении. – М.: Наука, 1968. – 128с.
4. Волков Г.М., Гончаров А.Б. Холодная молекулярная сворка, применение на практике. // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1997. - №2.

УДК 621.822.7

Галенко И.Ю., Ленивец Г.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ПРИРАБОТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПОДШИПНИКОВ ОПОРНЫХ КАТКОВ ТРАКТОРА Т-4А НА СТЕНДЕ

Приведены методика и результаты сравнительных приработочных испытаний подшипников РИ 954712К1 на стенде.

Испытания проведены с целью проверки результатов лабораторных исследований [1], в ходе которых получены значения оптимальных концентраций присадки Феном в масле ТМ-3-18 для фосфатированных подшипников качения в период приработки, при заданном нагрузочно-температурном режиме работы.

Для стендовых исследований собраны четыре опорных катка трактора Т-4А: два по стандартной технологии (базовый вариант, катки 1 и 2) – не фосфатированные подшипники, заправленные маслом ТМ-3-18; и два катка по предлагаемым рекомендациям (исследуемый вариант, катки 3 и 4) – фосфатированные подшипники, заправленные маслом ТМ-3-18 с добавлением присадки Феном в концентрации 5 мл/л. Выбор концентрации присадки осуществляли на основании номограммы [1] исходя из условий: расчетная нагрузка 4000 Н [2], установившаяся рабочая температура катков 42...48°C (при температуре окружающей среды 16...18°C, замеры проводились инфракрасным пирометром).

Перед сборкой на наружных кольцах подшипников прибором УПОИ-6 нарезаны по две лунки. Нарезание лунок на подшипниках катков 3 и 4 проводили после фосфатирования.

Для проведения исследований нами был реконструирован стенд для испытаний опорных катков трактора Т-4А, который состоит из следующих основных узлов: нижней и верхней тележек, ведущего катка, редуктора, электродвигателя и системы нагружения, включающей в себя ручной насос-нагнетатель и нагнетательный трубопровод с двумя гидроцилиндрами, соединяющими нижнюю и верхнюю тележки. Давление в системе нагружения контролировалось при помощи образцового манометра.

При выборе режимов испытания были приняты нагрузка и частота вращения, соответствующие эксплуатационным. Основное время гусеничные тракторы работают на 4 и 5 передачах, что соответствует частоте вращения катков 13...16 с⁻¹. Частота вращения ведущего катка стенда составляла 14,3 с⁻¹.

Нагрузка на ось катка $F=7130$ Н обеспечивалась путем создания давления 1,9...2,0 МПа в гидроцилиндрах системы нагружения стенда.

Режимы испытаний: без нагрузки – 2,5 часа (отбор пробы масла), с нагрузкой – 35 часов с отбором проб масла через каждые 5 часов работы, затем 30 часов с отбором проб через каждые 10 часов работы.

Отбор проб масла осуществляли при доливке 50 мл свежей смазки сразу после остановки стенда.

Количество металла в смазке определяли с помощью фотоколориметра КФК-3. По каждой пробе проводили два контрольных замера. При обработке результатов вводили поправку с учетом долилки смазки при каждом отборе проб. Полученные результаты приведены в таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1

Содержание металла в смазке опорных катков в период испытаний, %

№ п.п.	Время отбора проб, ч	Базовый вариант		Среднее	Исследуемый		Среднее
		1	2		3	4	
1	2,5	0,018	0,029	0,0235	0,048	0,070	0,059
2	7,5	0,064	0,045	0,0545	0,08	0,106	0,093
3	12,5	0,121	0,064	0,0925	0,081	0,134	0,107
4	17,5	0,15	0,113	0,132	0,094	0,139	0,117
5	22,5	0,168	0,169	0,169	0,119	0,134	0,127
6	27,5	0,169	0,185	0,177	0,143	0,159	0,157
7	32,5	0,165	0,208	0,187	0,144	0,165	0,155
8	37,5	0,185	0,247	0,216	0,160	0,197	0,179
9	47,5	0,239	0,279	0,259	0,168	0,243	0,201
10	57,5	0,258	0,285	0,279	0,165	0,248	0,207
11	67,5	0,33	0,284	0,307	0,205	0,259	0,232
12	77,5	0,325	0,318	0,322	0,230	0,267	0,249

Содержание железа в смазке в начальный период работы наиболее интенсивно растет в катках с фосфатированными подшипниками (исследуемый вариант), однако затем интенсивность накопления продуктов износа в смазке снижается по сравнению с катками собранными по базовой технологии. Начиная с наработки 17 часов, содержание железа в смазке базовых катков выше, чем в исследуемом варианте.

В результате обработки данных получены уравнения регрессии, характеризующие динамику накопления железа в смазке опорных катков.

Анализ полученных зависимостей и кривых на рисунке 1 показывает, что среднее время окончания приработки подшипников в исследуемом варианте составляет 37 часов, в базовом варианте – около 52 часов.

Таким образом, снижение времени приработки фосфатированных подшипников качения, работающих на смазочной композиции, по сравнению с не фосфатированными, работающие на штатном масле, составляет 28,85 %.

По окончании испытаний подшипники демонтировались и проводились замеры износа наружного кольца, шероховатости рабочей поверхности наружного кольца и микротвердости рабочих поверхностей роликов.

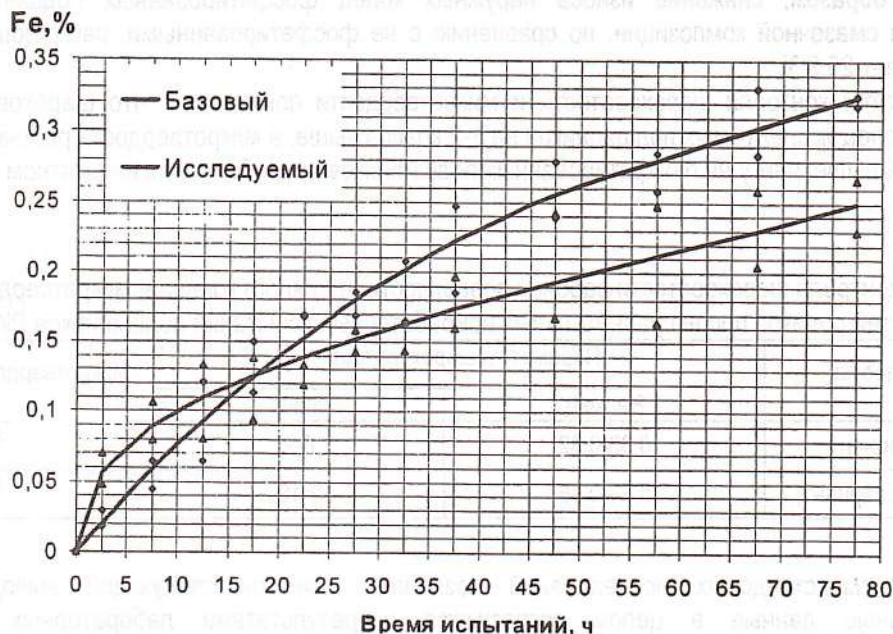


Рис. 1. Изменение содержания железа в смазке опорных катков (в %) в период испытаний

Величину износа колец подшипников определяли с помощью прибора УПОИ-6, фиксируя изменение длины лунки.

Величину износа подсчитывали по уменьшению хорды сегмента ($l_0 - l_1$) по формуле [3]:

$$\Delta h = h_0 - h_1 = 0,125 \cdot (l_0^2 - l_1^2) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R} \right), \quad (1)$$

где Δh – величина износа (разность глубин лунки);

h_0, h_1 – глубина лунки, соответственно, до и после изнашивания;

l_0, l_1 – длина лунки до и после изнашивания;

r – радиус вращения резца при вырезании лунки, для прибора $r \approx 8,5$ мм.

R – радиус вогнутой цилиндрической поверхности, на которой вырезается лунка перпендикулярно образующей. Для наружного кольца подшипника РИ 954712К1 радиус $R = 53$ мм.

Результаты замеров приведены в таблице 3.

Таблица 2

Износ наружного кольца подшипника РИ 954712К1

Условия	Каток	Подшипник	Длина лунок, дел. шкалы (1 дел = 0,03 мм)		Величина износа Δh , мкм	Средний износ, мкм
			l_0	l_1		
Базовый вариант	1	I	67	62	7,14	5,39
			64	59	6,808	
		II	66	63	4,284	
			65	61	5,58	
	2	I	68	65	4,41	
			63	59	5,402	
		II	62	57	6,587	
			67	65	2,922	
Исследуемый вариант	3	I	68	65	4,417	3,94
			73	71	3,188	
		II	65	63	2,834	
			67	64	4,351	
	4	I	62	59	4,018	
			68	66	2,967	
		II	77	74	5,015	
			73	70	4,749	

Средний износ наружных колец подшипников составил: в базовом варианте 5,39 мкм, в исследуемом варианте 3,94 мкм.

Таким образом, снижение износа наружных колец фосфатированных подшипников качения, работающих на смазочной композиции, по сравнению с не фосфатированными, работающие на штатном масле, составляет 26,9 %.

Результаты контроля шероховатости и микротвердости показывают, что шероховатость рабочих поверхностей колец исследуемых подшипников на 1-2 класса выше, а микротвердость рабочих поверхностей роликов на 5,1% выше, чем у не фосфатированных подшипников приработанных на штатном масле (табл. 3).

Таблица 3

Результаты контроля шероховатости рабочей поверхности наружного кольца и микротвердости рабочих поверхностей роликов после сравнительных приработочных испытаний подшипников РИ 954712К1

Условия работы	Параметры шероховатости		Микротвердость HV, кгс/мм ²
	Ra, мкм	класс	
Базовый вариант	0,63-0,32	8-9	874
Исследуемый вариант	0,32-0,16	9-10	921

Результаты стендовых исследований позволяют сделать следующий вывод: полученные экспериментальные данные в целом согласуются с результатами лабораторных исследований, подтверждают рабочую гипотезу о том, что применение фосфатирования подшипников качения и добавление к смазке присадки Феном в оптимальной концентрации позволяет значительно сократить время приработки, способствует формированию более высокого качества рабочих поверхностей и снижению их износа.

Для оценки износостойкости и долговечности подшипников, приработанных по экспериментальной методике, целесообразно провести стендовые износные испытания и эксплуатационную проверку.

Библиографический список

1. Галенко И.Ю. Методика и результаты многофакторного эксперимента по подбору оптимальной концентрации присадки с ПАВ (на примере кондиционера металла Феном) при наличии на поверхности фосфатного покрытия / И.Ю. Галенко // Сб. материалов научно-практической конференции инженерного факультета Пензенской ГСХА. – Пенза: Изд-во Пензенской ГСХА, 2005. – С.77-82.

2. Глазков В.Ф. Обоснование условий моделирования трибологических процессов в подшипниковых узлах тракторных ходовых систем / В.Ф. Глазков, И.Ю. Галенко // Сб. науч. тр. Поволжской межвузовской научной конференции. – Самара, 2002. – С.14-17.

3. Беркович Е.С. Прибор УПОИ-6 для определения износа цилиндров, поршневых колец и поршневых пальцев / Беркович Е.С., Крацин М.Д. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1960. – 45 с.

УДК 629.114.2.079.24

Левченко С.А., Егоров К.Д.

ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» им. Н.И. Вавилова

ИЗМЕНЕНИЕ МАКРОАГРЕГАТНОГО СОСТАВА ПОЧВЫ ПО СЛЕДАМ ДВИЖИТЕЛЕЙ ТРАКТОРА "КИРОВЕЦ", В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТОРАСПОЛОЖЕНИЯ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ

Приведены результаты экспериментальных исследований воздействия ходовых систем трактора при различных развесовках его массы по осям на макроагрегатный состав каштановых и темно-каштановых почв.

Качественное состояние почвы, влияющее на урожайность сельскохозяйственных культур, в значительной степени определяется ее структурностью, которая, в свою очередь, зависит, в основном, от ее макроагрегатного состава, то есть от размера отдельных образований.

Механическое воздействие движителей тракторов на почву приводит к значительному изменению характеристики ее макроагрегатного состава по сравнению с контрольной полосой. Эти изменения носят, как правило, отрицательный характер и в большинстве случаев приводят к общему ухудшению качества почвы.

Для проверки агро-экологических показателей трактора "КИРОВЕЦ" с различными коэффициентами нагрузки на переднюю ось (λ_1) [1], испытуемого при схеме "танDEM" и постоянном давлении воздуха в шинах

Таблица 1

Макроагрегатный состав почвы после прохода трактора типа «КИРОВЕЦ» в зависимости от коэффициента нагрузки на переднюю ось при скорости движения 2,39 м/с без крюкового усилия

Размер ячеек сита, мм	Контроль		Коэффициент нагрузки на передние колеса трактора											
			$\lambda_1 = 0,37$		$\lambda_1 = 0,45$		$\lambda_1 = 0,5$		$\lambda_1 = 0,55$		$\lambda_1 = 0,63$			
	Масса грунта, гр.	%	Масса грунта, гр.	%	Масса грунта, гр.	%	Масса грунта, гр.	%	Масса грунта, гр.	%	Масса грунта, гр.	%		
Больше 10 10-7 7-5 5-3 3-2 2-1 1-0,5 0,5-0,25 Меньше 0,25 Общая масса	243,6	24,84	434	45,34	350,6	36,4	337,8	35,18	441,2	45,3	462	47,09		
	74	7,55	66	6,89	70,2	7,3	66	6,87	59,8	6,14	67,2	6,85		
	56,6	5,77	54,2	5,66	60,2	6,3	51,4	5,35	47,8	4,91	54,4	5,54		
	63	6,43	53,8	5,62	61,6	6,4	56	5,83	48,6	4,99	52	5,3		
	78,4	7,99	58,2	6,08	63	6,5	68	7,08	54,6	5,61	53,2	5,42		
	180,2	18,38	104,2	10,88	111	11,5	138,8	14,46	106	10,88	102,6	10,46		
	63,4	6,47	44	4,5	50,6	5,3	50,8	5,29	50	5,13	37,2	3,79		
	119,4	12,18	72	7,53	98,2	10,2	95,8	9,98	81,6	8,38	68,2	6,95		
	102	10,4	70,8	7,5	96,8	10,1	95,6	9,96	84,6	8,68	84,4	8,6		
	980,6	100	957,2	100	962,2	100	960,2	100	974,2	100	981,2	100		
Коэффициент распыления	8,61		12,33		8,9		9,04		10,52		10,63			
Коэффициент глыбистости	0,48		1,09		0,78		0,73		1,06		1,17			
Коэффициент структурности	1,34		0,67		0,86		0,92		0,66		0,59			
Процентное содержание центральных фракций	32,84		21,46		23,3		26,83		21,62		19,67			

0,1 МПа путем производственных экспериментальных исследований макроагрегатного состава почвы в подпахотных горизонтах по следам прохода.

Экспериментальные исследования проводились в Саратовской области на левобережье р.Волги. Почвы формируются по типу - каштановых и темно-каштановых. Выбранный участок отвечал требованиям и методике полевого опыта [2].

Оценка механического состояния почвы при воздействии на нее движителей выполнялась по изменению величины четырех параметров: коэффициент распыления "Р", коэффициент глыбистости "Г", коэффициент структурности "С" и процентное содержание ценных фракций в почве "Ф". Обработанные и обобщенные результаты по макроагрегатному составу почвы для различных развесовок по мостам представлены таблицей 1. Как свидетельствуют данные, при всех значениях центра тяжести, воздействие движителей трактора на почву приводит к изменению величин исследуемых образований. Так, коэффициент распыления увеличился по сравнению с пробами, взятыми вне следа с контрольной полосы, на 3,4%...43,2%, коэффициент глыбистости повысился в 1,52...2,43 раза, а коэффициент структурности и содержание ценных фракций почвы снизилось, соответственно на 1,46...2,27 раза, и 22,4%...67%. Такое положение объясняется тем, что в момент проведения эксперимента и соответственно отбора проб почва имела влажность в верхнем горизонте 9,84...13,5%, при увеличении глубины пласта почвы и того больше - 19,16...22,62%. Наибольшая распыленность почвы по следу движителей выявлена для трактора с коэффициентом нагрузки на передние колеса $\lambda_1=0,45$. Здесь "Р" = 8,9, это в 3,4 раза больше, чем вне следа. Максимального значения коэффициент распыления достиг при нагрузке на переднюю ось равную 37% от общей массы трактора, прирост составил 43,2%.

Увеличение коэффициента глыбистости происходит, главным образом, за счет резкого увеличения комков. размером более 10 мм. Особенно большой рост наблюдается при воздействии на почву трактора с коэффициентом нагрузки на переднюю ось $\lambda_1=0,63$. Здесь коэффициент глыбистости составил 1,17, что в 2,43 раза больше чем, на контроле. В свою очередь, для $\lambda_1=0,5$ коэффициент глыбистости увеличился всего в 1,52 раза, что является самым близким к контролю.

Как свидетельствуют данные, коэффициент структурности снижается при воздействии на почву движителями трактора. Так для коэффициента $\lambda_1=0,5$ снижение составило 1,46 раза по сравнению с контрольной полосой, что является минимальным снижением структурности, а максимальное значение снижения было для нагрузки на переднюю ось равном 63%. В данном случае коэффициент структурности уменьшился в 2,27 раза.

Содержание наиболее ценных фракций макроагрегатного состава, имеющих размеры 0,5...3 мм, наблюдается на контроле. При этом оно колеблется в сторону снижения и достигает максимального снижения при коэффициенте нагрузки равным $\lambda_1=0,63$. Здесь снижение составило 67%. Наименьшее снижение наблюдается для $\lambda_1=0,5$, всего 22,4%.

На основании изложенного, можно заключить, что распределение нагрузки по осям оказывает существенное влияние на преобразования, происходящие в толще почвы, и в данном случае наиболее щадящим воздействием обладает трактор с распределением нагрузки 50% на 50%.

Библиографический список

1. Аникин А.С. Влияние распределения массы трактора "КИРОВЕЦ" по мостам на агротехническую проходимость // Улучшение агротехнической проходимости машин: Сб. науч. тр. – Саратов, 1993. – С. 16-23.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: АГРОПРОМИЗДАТ, 1985. – С. 351.

УДК 629.114:631.3

Миркин С.Н., Черябриков С.А.
ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ»

ВЛИЯНИЯ МИКРОПРОФИЛЯ НА БУКСОВАНИЕ ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ

В статье отмечаются основные направления исследований взаимодействия гусеничного движителя почвогрунтом, а также рассматривается вопрос влияния микропрофиля на буксование гусеницы.

Механические свойства местности очень часто накладывают жесткие ограничения на подвижность и другие характеристики вне дорожных транспортных средств. Поэтому имеющиеся знания механических свойств местности и понимание механики взаимодействия «двигатель – опорное основание» являются

весьма ценными исходными данными для правильной компоновки, подбора и эксплуатации тракторов и сельскохозяйственной техники.

Одним из основных показателей работы машинотракторного агрегата являются тягово-сцепные свойства. Тягово-сцепные свойства тракторов обычно оценивают кривой буксования и зависят от взаимодействия движителя с почвой. Сложность этого процесса заключается в его многообразии и неадекватности проявления различных факторов в многообразии природно-климатических условиях. В связи с этим закономерно последовательное изучение исследователями отдельных сторон механизма сцепления движителя с почвой.

Анализ научно-технической литературы показывает, что в работах проводились исследования, которые учитывали влияние трения опорной поверхности, гусеничной цепи о почву и действие почвозацепов, сопротивление почвы сдвигу и трение почвы о почву при сдвиге почвенного кирпича, расположенного между почвозацепами. Проведены многочисленные исследования по влиянию установившейся и не установившейся крюковой нагрузки, звенчатости гусеничной цепи, продольно-угловых колебаний трактора, упругих и неупругих свойств подвески и почвы на механизм сцепления движителя с почвой. В своих работах Г. Л. Леонтьев показал, что увеличение буксования почти в два раза вызывается при не установившейся нагрузке в основном продольно-угловыми колебаниями трактора, по сравнению со статической. Кроме того, им отмечается, что возникают резонансные явления при периодическом изменении крюковой нагрузки, которые предложено устранить соответствующим выбором величин затухания и жесткости подвески, чтобы собственная частота угловых колебаний остова находилась вне диапазона частот силы тяги, встречающихся при выполнении сельскохозяйственных операций.

Существующие исследования тягово-сцепных свойств тракторов принималось для ровных полей, и не учитывали их микрорельеф. Однако технологией работ предусмотрено выполнение последующих сельскохозяйственных операций поперек предыдущей обработки, т. е. когда трактор движется по неровной поверхности. В этом случае картина взаимодействия движителя с почвой сильно изменяется и наблюдается значительное увеличение буксования.

Анализ аналитических и экспериментальных исследований, показал, что буксование зависит от размеров неровностей. Так, при движении трактора поперек волнов картофеля поля буксование выше, чем поперек стерни озимой пшеницы и чем при движении вдоль рядков. Такое явление, с нашей точки зрения, происходит вследствие того, что катки передней каретки, частично копируют неровность и «укладывают» гусеничную цепь по поверхности неровности, так как натяжение цепи на этом участке еще невелико.

Под катками задней каретки натяжение цепи достигает величины касательной силы тяги, и из-за того, что сцепной вес, приходящийся на катки задней каретки, незначителен, происходит вытягивание цепи. Цепь натягивается и в момент нахождения опорных катков каретки на выступах неровности она «зависает» над впадиной. Так как натяжение опорной ветви после опорных катков больше, чем перед ними, при определенных условиях происходит «затягивание» цепи под каждый каток при опускании его во впадину неровности. В результате этого происходит доворот ведущей звездочки, который приводит к увеличению буксования. Одновременно часть опорной поверхности, которая «зависает», выключается и не участвует в формировании касательной силы тяги, что приводит к снижению КПД гусеничного движителя.

В условиях научно-технического прогресса совершенствование конструкций и нахождение аналитических зависимостей приобретают важное народнохозяйственное значение.

В связи с вышеизложенным, необходимо провести научные исследования по вопросу исследования влияния микропрофиля на тягово-сцепные и другие свойства сельскохозяйственных тракторов и машин.

УДК 621.225.7

Миркина Е.Н.

ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ» г. Саратов

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕМНОГО ГИДРОПРИВОДА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

В статье рассматриваются вопросы использования объемного гидропривода в машиностроении, приводятся системы циркуляции жидкости в ОГП, их достоинства и недостатки.

В современном сельскохозяйственном машиностроении наметилась тенденция применения объемного гидропривода (ОГП) рабочих органов, что обусловлено рядом его преимуществ: небольшая масса, малые размеры, легкость автоматизации процессов и другие. Однако существенно, важное преимущество ОГП

состоит в том, что он позволяет создать широкую номенклатуру агрегатов на основе ограниченного числа элементов [1].

Установлено, что с применением объемного гидропривода механизма передвижения металлоемкость машины, как правило, снижается, а производительность возрастает.

В связи с широким распространением ОГП, он может быть поступательного, вращательного и поворотного движения.

В современных конструкциях гидроприводов используются две системы потока жидкости с разомкнутой циркуляцией и замкнутой, для которых применяется различный набор гидравлической аппаратуры. В гидроприводе с разомкнутой циркуляцией рабочая жидкость от гидродвигателя поступает в гидробак. В гидроприводе с замкнутой циркуляцией рабочая жидкость от гидродвигателя поступает на вход насоса. Каждая из систем циркуляции имеет достоинства и недостатки.

В гидроприводах с разомкнутой системой имеются преимущества возможность подключения нескольких гидродвигателей к основному насосу, хорошие условия для охлаждения и очистки рабочей жидкости. Основными недостатками являются большие габаритные размеры и масса.

В гидроприводе с замкнутой системой имеются преимущества благоприятные условия защиты рабочей жидкости от загрязнений, возможность применения регулируемых насосов. К основным недостаткам относятся необходимость применения индивидуального насоса, быстрый нагрев рабочей жидкости, трудности обеспечения фильтрации рабочей жидкости.

Кроме того, разработаны конструкции ОГП с регулируемым и нерегулируемым режимами работы. Отличительной особенностью регулируемых гидроприводов является возможность изменять скорость выходного звена, как по направлению, так и по величине.

На данном этапе разработано достаточно большое количество различных гидромашин для строительного и дорожного производства. Например, фирмой Hydromatik разработан ряд гидромотор-редукторов, которые могут быть использованы для создания гидромотор-колес привода гусеничных механизмов, механизмов поворота экскаваторов, кранов и др. ОГП хода применяется на одноковшовых фронтальных колесных погрузчиках фирм Zeitmeyer, Orenstein und Koppel, Ahlmann (ФРГ), Fauchex (Франция) с двигателями мощностью до 80 кВт; на гусеничных погрузчиках фирм Liebherr (ФРГ), Poclain (Франция), JCB (Англия), Caterpillar (США); на гусеничных бульдозерах фирм Liebherr (ФРГ), John Deere (США) с двигателем мощностью до 150 кВт, на автогрейдер СМІ (США), имеющем мощность двигателя 275 кВт, а также на катках и асфальтоукладчиках целого ряда фирм [2].

Отечественным машиностроением освоено производство гидроагрегатов для ОГП. С их использованием выпускаются гусеничные и пневмоколесные строительные, мелиоративные и другие машины с ОГП механизма передвижения. Однако указанные разработки до недавнего времени не находили широкого применения в сельскохозяйственном машиностроении.

На сельскохозяйственных машинах используется гидросистемы малой мощности. Они используются в основном для обслуживания навесного оборудования тракторов, гидросистемы средней мощности (50-60% мощности приводного двигателя) для обслуживания активных рабочих почвообрабатывающих и уборочных машин, гидросистемы высокой мощности (80-100% мощности приводного двигателя) для привода мотор-колес и рабочих органов сельскохозяйственных машин. Гидрофикация режущих аппаратов косилок и жаток, транспортеров и дисков разбрасывателей удобрений, высевальных аппаратов сеялок, рабочих органов опрыскивателей, траво-, зерно- и корнеклубнеплодоборочных машин, почвообрабатывающих машин (фрез, борон, культиваторов, и другие) удовлетворяющие требованиям современного сельскохозяйственного производства.

При существующих масштабах производства средств гидропривода становится актуальной проблемы унификации, агрегатирования, функциональной взаимозаменяемости гидроприводов, что служит основой для создания нового поколения гидрофицированных сельскохозяйственных машин.

В условиях научно-технического прогресса систематизация расчетов гидроприводов, совершенствование конструкций и нахождение полных форм их применения приобретают важное народнохозяйственное значение.

В связи с вышеизложенным, необходимо провести научные исследования по вопросу перевода привода движителей сельскохозяйственных машин на гидропривод.

Библиографический список

1. Репнев В.И., Емельянов Б.А., Немировский П.Н. и др. О преимуществах пневмоколесного хода экскаваторов с гидромотор-колесами. // Строительные и дорожные машины. – 1981. – № 1. – С. 5...7.
2. Применение объемного гидропривода в механизмах хода зарубежных строительных и дорожных машин. // Техничко-информационный бюллетень. – М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1982. – №2.

СХЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГАЗОМОТОРНЫМ ТОПЛИВОМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

В работе проанализировано состояние и перспективы использования природного газа в качестве моторного топлива, представлена инфраструктура обеспечения этим видом топлива, систематизирована информация о газонаполнительных станциях (АГНКС), дана их техническая характеристика и рекомендации по применению.

Природный газ — одна из важнейших составляющих топливных ресурсов России. Его доля в структуре производства энергоресурсов составляет в настоящее время около 60%. Актуальность использования природного газа в качестве моторного топлива в сельскохозяйственном производстве объясняется, прежде всего, резким спадом поставки сельским потребителям светлых нефтепродуктов, а также увеличением доли природного газа в структуре энергоносителей в АПК России. Поставка дизельного топлива в 2004 г. по сравнению с 1990 г. снизилась в 4 раза, а бензина — почти в 6 раз. Доля природного газа в структуре энергоносителей за этот период увеличилась с 16 до 25 % [3]. Ежегодно в сельском хозяйстве вводится в действие по 10... 12 тыс. км распределительных газовых сетей. Новый импульс в решении национальной проблемы использования природного газа в качестве моторного топлива дало поручение Президента Российской Федерации В.В. Путина (№ Пр-1686 ГС от 18 октября 2004 г. «О стимулировании широкомасштабного внедрения современных технологий перевода сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо»).

Широкое использование газа в сельскохозяйственном производстве требует создания надлежащей инфраструктуры. В первом приближении общая схема обеспечения сельскохозяйственной техники газомоторным топливом имеет вид, который приведен на рисунке 1.

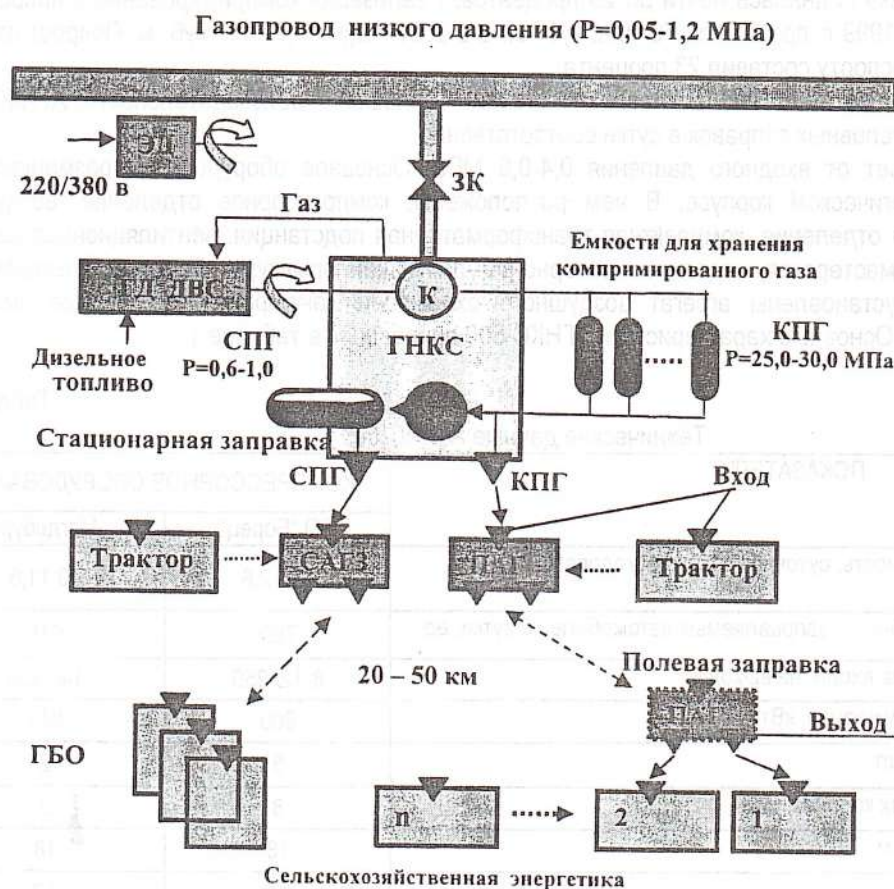


Рис.1. Блок-схема обеспечения газомоторным топливом сельскохозяйственной энергетики и транспорта: СПГ – сжиженный природный газ; КПП – компримированный природный газ; САГЗ, ПАГЗ – передвижные газовые заправщики соответственно для сжиженного и компримированного природного газа; ГД ДВС – газодизельный двигатель внутреннего сгорания; ГНКС - газонаполнительная компрессорная станция, ГБО – газобаллонное оборудование тракторов; К – компрессор; С – оборудование для сжижения газа; ЗК – запорный кран

В этой инфраструктуре центральное место отводится газонаполнительной компрессорной станции (ГНКС), которая подключена к газопроводу (низкого, среднего или высокого давления). Первоначальное применение природный газ получил на автомобильном транспорте. Поэтому станции, осуществляющие заправку автомобилей природным газом, именуются автомобильными газонаполнительными компрессорными станциями (АГНКС).

В отличие от АЗС и АГЗС, которые только реализуют различные виды моторного топлива, АГНКС являются объектами, на которых из сырьевого природного газа, поступающего по газопроводу, производится моторное топливо - компримированный природный газ, качество которого соответствует ГОСТ 27577-87.

Построены АГНКС вдоль автомобильных трасс. Заправка тракторов на таких станциях возможна, но с эксплуатационной точки зрения, как правило, мало приемлемая, так как поля, где работают сельскохозяйственные агрегаты, часто находятся на удалении от этих заправочных станций до 50 км и более. В этой связи проблема перевода сельскохозяйственной энергетики на газомоторное топливо требует неотложного решения задач по созданию высокоэффективных полевых газовых заправщиков: САГЗ и ПАГЗ. Только наличие подобного рода заправщиков создает реальные условия для перевода тракторов на газомоторное топливо.

На АГНКС предварительно очищенный от капельной жидкости и механических примесей сырьевой природный газ компримируют, осушают и накапливают в аккумуляторах (группах баллонов) для последующего распределения через газозаправочные колонки. Заправка автомобилей природным газом осуществляется до рабочего давления 200 атмосфер, а передвижных автогазозаправщиков (ПАГЗ) до давления 250 или 300 атмосфер.

Интенсивное развитие сети АГНКС на территории России происходило в 1983-1990 годах, когда было введено в эксплуатацию 170 АГНКС общей производительностью почти 2 млрд. куб. м. в год. В настоящее время в 154 населенных пунктах Российской Федерации работают 208 АГНКС.

В последние два года в некоторых регионах России, где активно реализуются программы перевода транспорта на газ, нагрузка поднялась почти до 20 процентов. Реализация компримированного природного газа на АГНКС России в 1999 г. превысила 70 млн. куб. м., а в 2000 году - 86,7 млн. куб. м. Прирост отпуска природного газа автотранспорту составил 23 процента.

Основу российской сети АГНКС составляют станции большой производительности: АГНКС-500, АГНКС-250 на 500 и 250 условных заправок в сутки соответственно.

АГНКС-500 работает от входного давления 0,4-0,6 МПа. Основное оборудование размещается в производственно-технологическом корпусе. В нем расположены: компрессорное отделение, воздушная компрессорная, насосное отделение, комплектная трансформаторная подстанция, вентиляционная камера, щитовая, механическая мастерская, отделение запорно-регулирующей арматуры, бытовые помещения и операторная. Снаружи установлены агрегат воздушного охлаждения антифриза, дренажные емкости, сепаратор на входе и др. Основные характеристики АГНКС-500 приведены в таблице 1.

Таблица 1

Технические данные АГНКС-500

ПОКАЗАТЕЛИ	КОМПРЕССОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	
	ПО "Борец"	Магдебург
Паспортная производительность: суточная, тыс. м^3 ; годовая, млн. м^3	45 12,8	40 11,6
Максимальное количество заправляемых автомобилей в сутки, ед.	700	615
Давление газа, атмосфер: на входе; на выходе	8-12/ 250	4-6 /250
Мощность компрессоров суммарная, кВт	800	640
Количество компрессоров, шт.	5	2
Количество газозаправочных колонок, шт.	8	8
Объем аккумуляторов газа, м	18	18
Площадь территории, га	0,7	0,7

АГНКС БКИ-250 положила начало параметрическому ряду станций блочно-контейнерного исполнения. Станция состоит из 8 функциональных блоков, стыкуемых между собой трубопроводами, и 6 заправочных колонок. Производительность АГНКС БКИ-250 при давлении всасывания 0,6-1,2 МПа составляет 1300-2100 $\text{м}^3/\text{ч}$; суммарная потребляемая мощность 396 кВт; уровень шума 87 дБа; масса станции 150 т;

масса наиболее тяжелого блока станции 35 т. Станция может эксплуатироваться в климатических зонах с температурой от -60 до $+45^{\circ}\text{C}$, а также в районах с сейсмической активностью до 9 баллов по шкале Рихтера. В декабре 1988 г. оборудование Ленинанканской АГНКС выдержало землетрясение силой свыше 10 баллов. В последнее время активно ведутся работы по строительству АГНКС средней (на 125 и 75 заправок в сутки) и малой производительности (на 45 и 30 заправок в сутки), а также установок индивидуального пользования на 5-2 заправки в сутки. Станции средней мощности обеспечивают газовым топливом достаточно большой парк автомобилей - 200-300 единиц подвижного состава. АГНКС малой производительности могут быть размещены непосредственно на территории автотранспортного предприятия, что позволяет снизить практически до нуля "холостые" пробеги на заправку. Кроме того, если станция построена непосредственно в автопарке, и газ отпускается только собственному транспорту, налог на ГМС, который платят заправочные станции общего пользования, не взимается. Технические данные АГНКС отечественного производства малой и средней производительности приведены в таблице 2.

Таблица 2

Показатели АГНКС средней и малой производительности

НАИМЕНОВАНИЕ ПАРАМЕТРА	ТИП ГАЗОВОЙ МАГИСТРАЛИ					
	НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ				ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ	
	АГНКС М-45 (М-50)	АГНКС МБКИ-60/125	АГНКС БИ-40	АГНКС БК-75/150	АГНКС КИ-50/3-7,5	АГНКС БИ-30- Д-МК
Входное давление газа, атмосфер	0,5-3,0	0,5-12	1-12	1-12	30-75	25-75
Производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{час}$	108-240	250-450	120-140	225-270	85-210	80-120
Производительность - заправок в сутки - млн. $\text{м}^3/\text{час}$	33-86 0,65-1,73	60/125 до 2,0/до 4Д	40 0,72-0,84	68-150 1,62-3,7	25-63 0,5-1,3	30-40 0,48-0,72
Привод компрессора	Эл. двигатель	Эл. двигатель	ГДВС	ГДВС	Эл. двигатель	детандер (до 1000 $\text{м}^3/\text{час}$)
Система охлаждения	Воздушная	Жидкостная	Жидкостная	Жидкостная	Воздушная	нет
Устан. мощность потребителей, кВт	66,0	95,0/ 265,0	5,0	20,0/36,0	16,5-20,0	5,0
Количество секций аккумуляторов	1	2	1	1		1
Число заправок колонок	1	2/4	1/2	2/3	2	1/2
Возможность заправки ПАГЗ	есть	есть	есть	есть	есть	есть
Общая масса, т	12,0	25,0/85,0	19,0	35,0/48,0	12,0	16,0
Масса технологического блока, т	8,4	18,0	13,0	13,0	6,5	10,0
Обслуживающий персонал, чел. в смену	1	1	1	2	2	1

Пилотный проект по переводу сельскохозяйственной техники на природный газ в рамках целого предприятия запущен в 2005 году на базе СПК «Воронежский» Владимирской области, где использована АГНКС БИ-40.

На этапе проведения научно-поисковых работ наиболее приемлемым вариантом является ввод в эксплуатацию АГНКС малой производительности (на 35-45 заправок в сутки). Возможен даже вариант установки индивидуального пользования (2-5 заправок в сутки).

Библиографический список

1. Гайнулин Ф.Г., Гриценко А. И., Васильев Ю.Н., Золотаревский Л.С. Природный газ как моторное топливо на транспорте. — М.: Недра, 1986.
2. Панов А. В. Технологические средства и схемы обеспечения компримированным природным газом сельскохозяйственной техники // Научные труды ВИМ, т. 139. — М., 2002.

3. Потапов В.Н., Орси́к Л. С., Стати́вко В. Л., Лукшо В. А. Рекомендации по использованию компримированного природного газа в качестве моторного топлива для транспортно-энергетических средств сельскохозяйственного назначения. — М: ВИМ, 2005.

4. Стати́вко В. Л., Ани́скин В. И., Потапов В. Н., Мали́нин А. А. Перевод сельскохозяйственной техники на газомоторное топливо // Газовая промышленность. — №25. — 2001.

УДК 539.219.3:53.09

Мазанко В.Ф., Миронов Д.В., Герцри́кен Д.С., Луценко Г.В, Бевз В.П.

Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины,

Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого

МИГРАЦИЯ НЕРАСТВОРИМЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ В МЕТАЛАХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА

Обсуждаются экспериментальные исследования, в результате которых установлено, что обработка в плазме тлеющего разряда способствует растворению в металле при низких температурах атомов тех металлических элементов, которые в равновесных условиях не взаимодействуют даже в жидкой фазе, и их диффузии по границам зерен.

Известно, что под действием бомбардировки низкоэнергетическими ионами инертных газов в тлеющем разряде происходит диффузионное перераспределение в глубь металла предварительно нанесенных на поверхность собственных атомов и атомов элементов, образующих твердые растворы различного типа [1-4]. Данный процесс происходит с большей скоростью, чем проникновение бомбардирующих ионов, что объяснялось большим размером атомов инертного газа и отсутствием в равновесных условиях какого-либо химического взаимодействия инертных газов с металлом. Однако, при исследовании взаимодействия ГЦК-металлов с нанесенным на поверхность цезием, также нерастворимым в металлах, было обнаружено, что в условиях бомбардировки ионами инертных газов поверхности металлов проникновение атомов цезия происходит не только с большей скоростью, чем ионов аргона и криптона, но и атомов железа и никеля в тех же условиях плазмы тлеющего разряда [4]. В этой связи представляется целесообразным изучение стимулированного бомбардировкой ионами инертных газов проникновения в металлы из покрытия различных нерастворимых металлических примесей и взаимной диффузии металлов, не взаимодействующих в равновесных условиях.

Эксперименты проводили на следующих двойных системах: Me (Al, Ni, Fe, Mo, Nb, Ta, W)—Cs, Fe—Ti, Ni—Ti, Cu—Mo, Cu—W, в которых отсутствует взаимная растворимость [5]. Исследуемые радиоактивные и стабильные металлические вещества на поверхность образцов наносили электролитически (Cu, Ti) или путем восстановления в процессе отжига из химического соединения (Cs). Радиоактивный цезий ^{137}Cs наносили в виде водного раствора хлористого цезия. Затем сложенные попарно радиоактивными сторонами образцы отжигали в очищенном аргоне в течение 1 ч при 637 К (Al), 973 К (Cu, Ni, Fe), 1672 К (Nb, Mo) и 2273 К (Ta, W), что приводило к проникновению меченых атомов в слой толщиной менее 1 мкм. То есть один металл был в виде массивного образца, а другой представлял собой тонкое (до 1 мкм) или толстое (~ 30 мкм) покрытие. Затем образцы подвергали ионной бомбардировке в тлеющем разряде преимущественно в среде аргона. Ионную бомбардировку образцов проводили либо всех одновременно, либо путем последовательного облучения. Плотность тока составляла 0,5 - 40 мА/см² и ограничивалась как режимом горения тлеющего разряда, так и температурой образцов, не превышавшей 473 – 493 К. Это позволяло обрабатывать практически любые токопроводящие материалы в режиме нормального тлеющего разряда. Напряжение между анодом и катодом, которое определяет энергию ионов, варьировали от 0,4 - 2 кВ. Продолжительность бомбардировки изменялась от 1 ч до 55 ч. Для определения глубины проникновения бомбардирующих ионов часть образцов подвергали обработке в тлеющем разряде без нанесенного на поверхность слоя элемента.

Исследование характера распределения атомов в металле основы производили с помощью послыого радиометрического анализа, макро-, микро- и электронно-микроскопической автораддиографии, рентгеноструктурного и микрорентгено-спектрального анализов и др.

Рассмотрим проникновение атомов цезия в металлы, подвергнутые ионной бомбардировке в плазме тлеющего разряда в среде аргона. Определенные методами Грузина и макроавтораддиографии коэффициенты диффузии цезия в ГЦК-металлах представлены в таблице 1.

Для сравнения в таблице 1 приведены коэффициенты диффузии криптона, проникающие в металл без покрытия непосредственно из разряда, горящего в среде аргона с добавками радиоактивного изотопа криптона ^{85}Kr .

Таблица 1.

Глубины проникновения и усредненные коэффициенты диффузии цезия ($\tau_{\text{обр}} = 1$ ч) в ГЦК-металлах

*Me	Никель		Медь		Алюминий	
	X, мкм	$D_{\text{ef}}, \text{см}^2/\text{с}$	X, мкм	$D_{\text{ef}}, \text{см}^2/\text{с}$	X, мкм	$D_{\text{ef}}, \text{см}^2/\text{с}$
^{137}Cs	45	$4,4 \cdot 10^{-11}$	54	$8,2 \cdot 10^{-11}$	85	$3,3 \cdot 10^{-10}$
^{85}Kr	15	$2,0 \cdot 10^{-14}$	39	$9,8 \cdot 10^{-12}$	50	$1,8 \cdot 10^{-10}$
$T_{\text{пл}}, \text{K}$	1728		1356		933	

Как видно из таблицы 1, скорость миграции равно нерастворимых и также обладающих большим размером атомов цезия существенно выше, чем атомов криптона. Авторадиографический анализ диффузионной зоны показал, что это различие связано с различными механизмами диффузии атомов поверхностного слоя и бомбардирующих ионов. Так, для атомов цезия, как и для собственных атомов и атомов элементов, растворяющихся в металле по типу замещения, типичен зернограничный перенос (рис. 1 а, б), тогда как для бомбардирующих ионов инертных газов свойственно объемное проникновение. Отметим, что инертный газ может мигрировать и по дефектам кристаллической решетки, однако, это происходит не в процессе ионной бомбардировки, а при последующих изотермических отжигах. Анализ диффузионной ширины границы (рис. 1 в) показывает, что различие между граничным и объемным потоками атомов цезия составляет 90 %, что в $\sim 2-3$ раза больше, чем при самодиффузии и гетеродиффузии атомов тех элементов, которые образуют твердые растворы замещения, что, по-видимому, и является причиной большей подвижности атомов цезия по сравнению с атомами железа и никеля. Следует, однако, помнить, что само по себе только зернограничного проникновения недостаточно для наблюдаемой ускоренной миграции атомов металлов при ионной бомбардировке. В пользу этого говорят большие различия в значениях коэффициентов, характеризующих, в частности, самодиффузию в железе и никеле при ионной бомбардировке, и коэффициентов граничной диффузии при изотермическом отжиге [6].

По-видимому, ускоряющее влияние оказывает дополнительно уменьшение компактности металла за счет введения в него атомов инертных газов, образующих в данных условиях обработки твердый раствор металл – инертный газ и распределенные по всей диффузионной зоне мелкодисперсные газонаполненные поры.

Из сопоставления представленных в таблице 1 диффузионных параметров цезия и криптона в трех металлах с температурой их плавления видна тенденция к росту подвижности атомов при снижении значений $T_{\text{пл}}$.

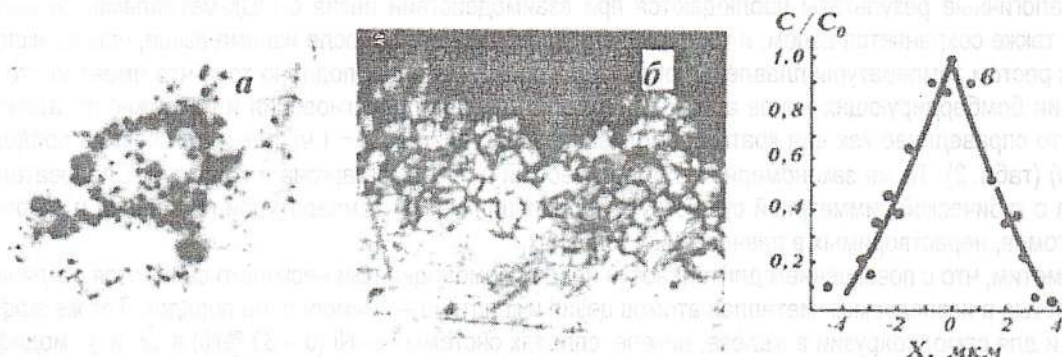


Рис. 1. Распределение ^{137}Cs в алюминии на глубине 10 мкм параллельно поверхности (а), $\times 50$, и никеле по глубине проникновения (б) $\times 300$, при бомбардировке ионами аргона и диффузионная ширина границы никеля при диффузии в него цезия в тлеющем разряде (в)

Следует отметить, что при миграции атомов цезия, находящихся на поверхности ГЦК-металлов, в условиях бомбардировки ионами аргона возникает такое распределение по глубине, которое отличается от рассмотренных выше случаев само- и гетеродиффузии. Оказалось, что при ионной бомбардировке, как и при изотермических отжигах [4], наблюдается возникновение излома на зависимости логарифма концентрации от квадрата глубины проникновения (рис. 2). Наличие излома свидетельствует о том, что в диффузионной зоне имеются два участка, которые характеризуются различными скоростями протекания процессов диффузии атомов цезия.

Соответствующие коэффициенты диффузии цезия в алюминий для слоев до излома зависимости $\lg C = f(X^2)$ и после него составили $1,6 \cdot 10^{-10}$ и $5,0 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2/\text{с}$. В случае обработки в плазме тлеющего разряда никеля различия в значениях D_{ef} максимальны и составляют соответственно $8,4 \cdot 10^{-12}$ и $1,5 \cdot 10^{-10} \text{ см}^2/\text{с}$. Из приведенных результатов следует, что для всех исследуемых материалов при диффузии атомов цезия в услови-

ях ионной бомбардировки в плазме тлеющего разряда наблюдаются различия в значениях коэффициентов диффузии до излома зависимости $\lg C = f(X^2)$ и после излома. Причем при ионной бомбардировке, как и при изотермических отжигах, значения коэффициентов диффузии цезия после излома выше, чем до излома. В то же время для бомбардирующих ионов свойственна более высокая скорость миграции в приповерхностном слое по сравнению с глубинными слоями металла.

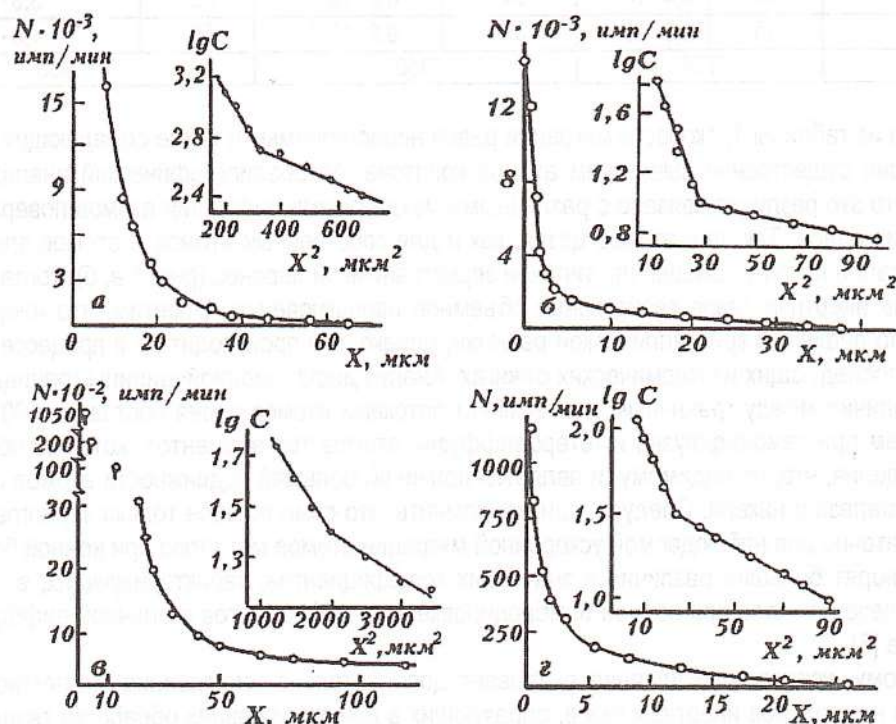


Рис. 2. Распределение атомов цезия ^{137}Cs в алюминии (а, в) и никеле (б, г) и зависимости логарифма его концентрации от квадрата глубины проникновения в процессе ионной бомбардировки (а, б) и изотермического отжига (в, г).

Аналогичные результаты наблюдаются при взаимодействии цезия с ОЦК-металлами. Оказалось, что при этом также сохраняется излом, и коэффициент диффузии цезия после излома выше, чем до излома. Кроме того с ростом температуры плавления облучаемого ОЦК-металла, подобно тому что имеет место при проникновении бомбардирующих ионов аргона, снижается глубина проникновения и подвижность атомов цезия, причем это справедливо как для кратковременных воздействий ($\tau_{\text{обр}} \sim 1$ ч), так и для весьма продолжительных (55 ч) (табл. 2). Та же закономерность имеет место и для атомов аргона и криптона. Следовательно, для металлов с кубической симметрией существует корреляция между температурой плавления и скоростью миграции атомов, нерастворимых в равновесных условиях.

Отметим, что с повышением длительности ионной бомбардировки несколько снижается различие между подвижностью в исследуемых металлах атомов цезия и криптона – примерно, на порядок. Тот же эффект имеет место и для самодиффузии в железе, никеле, сплавах системы Fe–Ni (0 – 33 %Ni) в α и γ модификациях при температуре обработки и гетеродиффузии в этих металлах элементов, растворяющихся по типу замещения.

Таблица 2.

Диффузионные параметры проникновения цезия в ОЦК-металлы при бомбардировке ионами аргона ($\tau_{\text{обр}} = 55$ ч)

Me		Fe	V	Nb	Mo	Ta	W
$T_{пл}, K$		1809	2192	2741	2895	3269	3693
X_{Cs}, MKM		42	31	18	20	15	8
$D_{ef}, cm^2/c^*$	^{137}Cs	$5,9 \cdot 10^{-11}$	$9,7 \cdot 10^{-12}$	$1,0 \cdot 10^{-13}$	$8,0 \cdot 10^{-14}$	$3,1 \cdot 10^{-14}$	$1,8 \cdot 10^{-14}$
	^{85}Kr	$5,5 \cdot 10^{-13}$	$7,8 \cdot 10^{-14}$	$2,1 \cdot 10^{-15}$	$1,5 \cdot 10^{-15}$	$8,9 \cdot 10^{-16}$	$7,8 \cdot 10^{-16}$

* Приведенные коэффициенты диффузии соответствуют подвижности атомов в области после излома зависимости $\lg C = f(X^2)$.

Рассмотрим проникновение атомов таллия в металлы, подвергнутые бомбардировке ионами инертных газов. При бомбардировке в течение 2 ч в различных средах железа с нанесенным на обрабатываемую поверхность покрытия из таллия толщиной до 1 мкм, содержащего радиоактивный изотоп ^{206}Tl , наблюдается миграция меченых атомов в глубь железа, несмотря на их большую массу, низкую температуру ($\sim 500\text{ K}$) и малые времена воздействия. Эксперименты, проведенные с нанесенным на железо стабильным таллием, показали, что происходит принудительное растворение таллия в кристаллической решетке железа, параметры решетки заметно увеличиваются, а на малых углах появляются размытые линии слабой интенсивности. Поскольку в системе Fe-Tl в равновесных условиях отсутствуют какие-либо соединения, эту фазу идентифицировать не удалось. Впрочем, не исключено, что это тройное соединение Fe-Tl-Ag или двойное соединение таллия с аргоном. При миграции атомов таллия в никель в тех же условиях обработки глубины проникновения и сдвиг дифракционных максимумов меньше, а колебания интенсивности на малых углах находятся в пределах фона. В зависимости от массы бомбардирующих ионов глубина проникновения таллия в никель составляла 17 мкм и 19 мкм соответственно для обработки ионами аргона и криптона. Подобно атомам цезия атомы таллия проникают в железо на большую глубину, чем в никель и характеризуются большим значением коэффициента диффузии $-6 \cdot 10^{-14}$ и $3 \cdot 10^{-15} \text{ см}^2/\text{с}$.

Интересно отметить, что атомы таллия в этих условиях перемещаются на большее расстояние, чем атомы железа ^{55}Fe , никеля ^{63}Ni и атомы аргона подобно тому, что наблюдалось для атомов цезия и криптона. Для сравнения была проведена обработка покрытого таллием железа по другим режимам. Оказалось, что проникновение атомов таллия ^{206}Tl в железо под действием тлеющего разряда в средах дейтерия ($W \sim 10 \text{ кэВ}$), аргона и ксенона ($W \sim 2 \text{ кэВ}$) так же, как и собственных, образующих твердые растворы замещения и нерастворимых атомов, также является зернограничным процессом, протекающим с разными скоростями в приповерхностном слое и объеме железа. В зависимости от вида ионов изменялись глубины проникновения атомов таллия и протяженности приповерхностного слоя. Так, расстояния от поверхности до излома зависимости логарифма концентрации таллия от квадрата глубины проникновения и сами глубины составляют 8, 12, 15 мкм и 21, 29, 35 мкм соответственно для бомбардировки ионами D_2 , Ar , Xe . Отметим, что, как и для атомов цезия, в данных условиях обработки в различных средах зернограничный поток атомов таллия превышает объемный в 8 – 9 раз.

Таким образом, можно считать установленным, что обработка в плазме тлеющего разряда способствует растворению в металле при низких температурах атомов тех металлических элементов, которые в равновесных условиях не взаимодействуют даже в жидкой фазе, и их диффузии по границам зерен.

Первые попытки изучения взаимной диффузии под действием тлеющего разряда в среде аргона были сделаны на системах Cu-Mo и Cu-W . На молибден и вольфрам наносили пленки меди толщиной до 15 мкм и облучали ионами Ar и Kr с энергией 2 кэВ в течение 10 ч. Поскольку глубина проникновения атомов инертного газа в медь, составляющая более 30 мкм, превышает толщину медного покрытия, атомы аргона и криптона проникали в молибден и вольфрам на глубину 4 и 5 мкм, причем без меди на поверхности глубина проникновения инертных газов в оба металла увеличивалась всего на $\sim 15 - 20\%$. В то же время сами атомы меди мигрировали в молибден и вольфрам на расстояния 6,5 и 7,0 мкм соответственно, а атомы тугоплавких металлов двигались в противоположную сторону и проникали в медь, примерно, на такие же глубины. При этом в зоне контакта возникали метастабильные твердые растворы замещения, распадающиеся при последующем нагреве. Отметим, что в отличие от обработки в тлеющем разряде ионная имплантация даже при существенно больших энергиях менее эффективна. Например, в работе [7] показано, что в процессе бомбардировки ионами аргона с энергиями $\sim 30 \text{ кэВ}$ происходит взаимное проникновение меди и вольфрама, и атомы непрерывно возобновляемого медного покрытия на вольфраме проникают в глубь основного металла, а атомы вольфрама – в покрытие, но они все равно исчисляются нанометрами, хотя с ростом дозы облучения увеличиваются глубины их взаимного проникновения. Отметим, что, по мнению авторов [7], и при ионной имплантации взаимодействие вольфрама с медью приводит к образованию метастабильных твердых растворов.

Таким образом, отсутствие растворимости атомов в равновесных условиях не является определяющим фактором в их диффузионном переносе под действием ионной бомбардировки, и скорость миграции нерастворимых примесей может быть выше, чем собственных атомов или растворяющихся по типу замещения.

Библиографический список

1. Алексеевский В.П., Герцрикен Д.С., Ковтун В.И. и др. // ЖТФ. — 1981. — 51, вып.10. - С. 2208 -2210.
2. Герцрикен Д.С., Тишкевич В.М., Черников В.М. // Доп. НАНУ. — 1996. — № 12. — С. 113 - 116.
3. Герцрикен Д.С., Тишкевич В.М., Черников В.М. // Вестник Черк. универ. Вып. 9 — 1999. — С. 5 – 15.
4. Герцрикен Д.С., Тишкевич В.М., Юрик Т.В. // Металлофизика. - 1990.- 12, № 5, С. 45 - 48.

5. Вол А.Е. Структура и свойства двойных металлических систем. - М.: Физматгиз, 1958. - Т. 1. - 556 с., - 1962. - Т. 2. - 983 с.
6. Герцриген С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. - М.: Физматгиз, 1960. - 564 с.
7. Бабаев В.П., Заболотный В.Т., Комиссаров А.П., Махлин Н.А. // ФиХОМ. - 1987. - № 2. - С. 3 - 7.

УДК 539.219.3:53.09

Митлина Л.А., Миронов Д.В., Миронова О.А.

Самарский государственный технический университет

Самарская государственная сельскохозяйственная академия

ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРОНИКАЮЩИХ АТОМОВ В ИМПУЛЬСНО ДЕФОРМИРУЕМЫХ МЕТАЛЛАХ

Анализируются особенности распределения атомов в металлах, деформируемых в процессе различных видов импульсной обработки, и делается вывод о том, что при импульсном упругом деформировании реализуется объемный характер миграции.

В стационарных условиях при температурах изотермического отжига более $0,5 T_{пл}$ вклад объемной диффузии в общий поток вещества соизмерим с проникновением атомов по границам зерен, и распределение концентрации диффундирующего элемента в матрице описывается экспоненциальной зависимостью от квадрата глубины проникновения, в то время как при низких температурах миграция атомов осуществляется преимущественно по дефектам кристаллической структуры [1]. Генерирование большого количества неравновесных дефектов в объеме зерна путем предварительного воздействия (деформация, озвучивание, облучение, закалка и др.) или статического деформирования в процессе отжига, т. е. при скорости деформации $\dot{\epsilon} \leq 10^{-6} \text{ с}^{-1}$ уменьшает различия между подвижностями атомов в объеме и по границам зерен [2]. В то же время для импульсного нагружения типично преимущественное объемное проникновение [3]. Для понимания закономерностей диффузии при разного рода воздействиях - от квазистатических до высокоскоростных - необходимо выяснение распределения проникающих атомов в деформируемой матрице в широком интервале температур и скоростей деформации.

Для определения путей преимущественной диффузии и локализации проникающих атомов был проведен автордиографический анализ металлов, подвергнутых различным способам медленной пластической деформации. Как показали представленные на рис. 1 автордиограммы, имеет место зернограничное проникновение атомов, причем это наблюдается даже при температурах $T_{воздейст} > 0,8 T_{пл}$. Соотношение потоков составляет в среднем 3:1. Увеличение степени деформации до 30 % для диффузионной сварки и вплоть до 80 % для растяжения и осадки увеличивает долю объемного потока, однако, она остается меньшей, чем поток вещества по границам зерен. Появление путей короткой диффузии, связанных с увеличением плотности дислокаций недостаточно для такого же переноса вещества по объему кристалла, как перенос по границам зерен и субзерен.

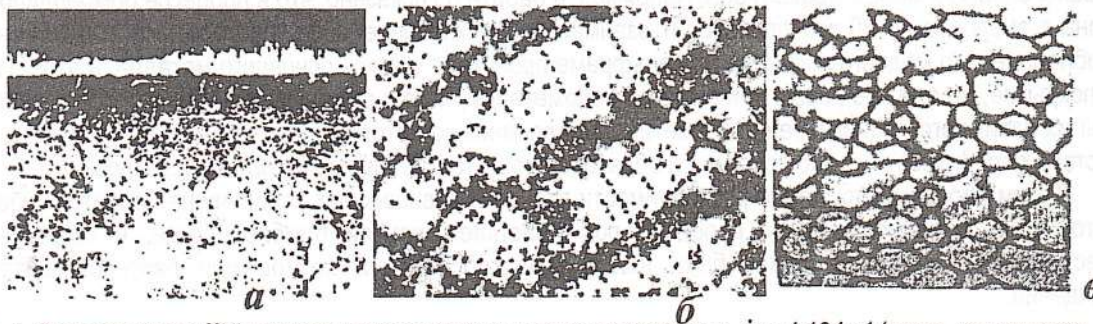


Рис. 1. Распределение ^{63}Ni в железе после осадки на прессе со скоростью $\dot{\epsilon} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ (вдоль направления диффузии, $\times 300$) (а), растяжения $\dot{\epsilon} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ (в плоскости, параллельной поверхности, на глубине $\sim 10 \text{ мкм}$, $\times 2500$) (б), диффузионной сварки $\dot{\epsilon} = 1 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$ (на расстоянии $\sim 15 \text{ мкм}$ от сварного шва, $\times 200$) (в).

Исследования диффузионной зоны показали, что в присутствии медленной упругой деформации также наблюдается преобладающий вклад зернограничной диффузии в общий поток вещества. Соотношение потоков составляет 2:1 для деформирования в условиях импульсного сжатия нейтральной

среды. В двухфазном материале происходит миграция атомов и по межфазным границам. В этом случае глубина проникновения возрастает. Расчет диффузионной ширины межфазной и межзеренной границы ($d_{\text{межфаз}}$ и $d_{\text{межзер}}$) для самодиффузии в титановом и железоникелевом сплавах, показал, что при импульсном сжатии аргона эти значения несколько выше, чем при изотермической отжиге, причем в обоих случаях «отсос» из границы в объем сильнее именно для межфазных границ:

$d_{\text{межфаз. изот}}$	$d_{\text{межзер. изот}}$	$d_{\text{межфаз. имп}}$	$d_{\text{межзер. имп.}}$
6,5 мкм	5,5 мкм	8,0 мкм	7,0 мкм

Увеличение скорости деформации, примерно, на порядок по сравнению с диффузионной сваркой путем ультразвуковой ударной обработки ($0,1 \leq \dot{\epsilon} \leq 0,5 \text{ с}^{-1}$, $\epsilon = 50 - 60\%$) [4] полностью меняет характер распределения атомов. Даже при обработке без нагрева в течение нескольких секунд, т. е. под действием десятков или сотен тысяч ударов от поверхности в глубь образуется четкая экспоненциальная зависимость концентрации элемента от квадрата глубины проникновения, а в плоскостях, параллельных поверхности, наблюдается равномерное расположение меченых атомов. Изменение температуры от комнатной до 873 К, скорости деформации в интервале $0,1 - 0,5 \text{ с}^{-1}$, кратности приложения нагрузки от 20 до 120 тыс. ударов не изменяет распределения атомов, происходит только рост глубины проникновения с увеличением вышеуказанных факторов. Практически нет корреляции между структурой деформированного металла и локализацией в нем проникающих атомов. В то же время диффузия, протекающая за несколько милли- или микросекунд одного акта ударного сжатия, электрогидро- и магнитноимпульсного воздействия, приводящих к упругой или пластической деформации, характеризуется объемным распределением и обеднением областей вдоль границ зерен и субзерен (рис. 2), причем степень обеднения и ширина обедненной зоны зависит от угла между границей и направлением деформации. В зависимости от ориентации границы по отношению к направлению деформации ширина обедненной области изменяется от 0,5 до 3 мкм, причем эти величины гораздо меньше диффузионной ширины границ зерен при отжиге в равновесных условиях или при сжатии среды.

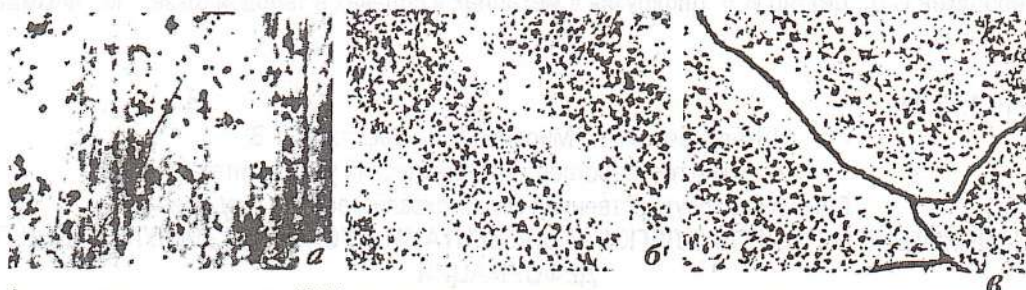


Рис. 2. Авторадиограммы-реплики (^{63}Ni), снятые в железе параллельно поверхности при магнитноимпульсном воздействии (а), $\times 9800$, и в направлении деформации под действием ударного сжатия (б) и электрогидроудара (в), $\times 4800$

На участках границ, параллельных направлению действия деформирующего импульса, концентрация слабо отличается от таковой для объема зерна. Однако наличие и протяженность обедненных участков границ зерен не сказывается ни на общей глубине проникновения, ни на подвижности атомов. Наблюдаемое уменьшение количества проникающих атомов в субграницах, т. е. в местах выстраивания дислокаций в полигональные стенки позволяет предположить, что при импульсном воздействии дислокации не только не служат путями короткой диффузии, как в равновесных условиях, а оказывают барьерное действие. Действительно, увеличение плотности дислокаций путем предварительной статической деформации холодного металла (железа и никеля) на 10 – 30 % способствует уменьшению глубины проникновения при последующей импульсной обработке без нагрева 2 – 3 раза, а предварительная взрывная обработка, приводящая к росту плотности дислокаций до 10^{11} см^{-2} , снижает глубину проникновения более, чем в 5 раз (по сравнению с отожженным металлом). Концентрация вакансий также оказывает негативное влияние на подвижность атомов. Увеличение концентрации избыточных вакансий путем высокочастотного озвучивания (при этом плотность дислокаций изменяется слабо [4]) или закалки от высоких температур на 3 – 4 порядка способствует уменьшению величины X в 2,5 – 3 раза. Отметим, что аналогичное влияние дислокаций и введенных закалкой вакансий на подвижность атомов наблюдалось также при импульсной лазерной обработке [5].

Авторадиографический анализ зоны ускоренной миграции атомов позволил установить закономерности распределения проникающих атомов в плоскостях, параллельных поверхности деформируемого металла. Так, атомы элементов замещения и нерастворимых примесей размещены практически равномерно на поверхности и в параллельных плоскостях, отстоящих от поверхности на 10 - 50

мкм. В то же время диффузия этих элементов при изотермических отжигах приводит к их различному распределению - атомы элементов замещения, например, железа в молибдене, располагаются преимущественно по границам зерен, а содержание атомов углерода в сегрегациях карбида железа преобладает над его содержанием в матрице. Температура и скорость деформации незначительно влияют на распределение атомов в отличие от стационарных условий без приложения нагрузки, когда с понижением температуры возрастает степень локализации атомов по границам зерен. Заметим, что и в стационарных условиях возможен равномерный характер распределения атомов [6].

Более детальное рассмотрение распределения меченых атомов в матрице в направлении деформирования позволило оценить различие между их содержанием в объеме и на границах зерен. Оказалось, что в приповерхностном слое концентрация проникающих атомов в объеме металла в 2-3 раза больше, чем на границах, причем с удалением от поверхности это различие уменьшается.

Таким образом, анализируя особенности распределения атомов в металлах, деформируемых в процессе различных видов импульсной обработки, можно сделать однозначный вывод о том, что в интервале скоростей пластической деформации от $0,1$ до $5 \cdot 10^4$ с⁻¹ или при импульсном упругом деформировании с длительностью одного акта менее 1 мс реализуется объемный характер миграции.

Библиографический список

1. Гегузин Я.Е. Диффузионная зона. - М.: Наука, 1979. - 344 с.
2. Бокштейн С.З. Диффузия и структура металлов. - М.: Металлургия, 1973. - 205 с.
3. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальченко В.М. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах. - Киев: Наук. Думка, 1991. - 208 с.
4. Прокопенко Г.И., Герцрикен Д.С. Массоперенос и подвижность дефектов в металлах при ультразвуковой ударной обработке. - Киев, 1989. - (Препр.) АН УССР. Ин-т металлофизики: № 1 - 90.
5. Гуревич М.Е., Зарицкий Н.С., Ларионов Л.Н. и др. // ДАН УССР. Сер. А. — 1979. — № 9. — С. 740 - 743.
6. Герцрикен С.Д., Дехтяр И.Я. Диффузия в металлах и сплавах в твердой фазе. - М.: Физматгиз, 1960. - 564 с.

УДК 539.219.3:53.09

Штеренберг А.М., Миронов Д.В., Миронова Т.В.
Самарский государственный технический университет
Самарская государственная сельскохозяйственная академия

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕТАЛЛОВ С ЛЕГКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНЫХ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Обсуждаются результаты экспериментального исследования влияния на процесс диффузии импульсной упругой деформации путем изменения давления газовой среды, в которой осуществляется диффузионный отжиг.

Известно, что под действием импульсной пластической деформации в интервале температур от предплавления до криогенных наблюдается ускоренная миграция атомов металлов, приводящая к их проникновению за тысячные и миллионные доли секунды на макроскопические расстояния и возникновению по всему протяжению диффузионной зоны фаз, отличных от равновесных [1]. С другой стороны, при бомбардировке металлов ионами азота или углерода в плазме газового разряда, когда остаточная пластическая деформация отсутствует или незначительна, за краткие времена обработки на поверхности и на значительном удалении от нее возникают высокодисперсные твердые растворы и фазы внедрения. Следовательно, можно использовать осуществляемую различными способами импульсную упругую деформацию для получения диффузионной зоны с заданным фазовым составом при взаимодействии металла с неметаллом.

Для исследования влияния на процесс диффузии импульсной упругой деформации путем изменения давления газовой среды, в которой осуществляется диффузионный отжиг, была применена установка, в которой импульсное воздействие на образец передавалось через газообразную среду. При подготовке к работе рабочая камера устанавливалась в печь, и при достижении заданной температуры происходит импульсное ($\tau = 0,01 - 0,1$ с) увеличение давления в камере высокого давления.

Другим способом осуществления упругого деформирования является электрогидроимпульсная обработка (ЭГИ). В момент разряда между находящимися в дистиллированной воде электродами образуется высокопроводящий канал, в который быстро вводится энергия, накопленная в конденсаторной батарее. Под действием огромного давления ($1 \div 1,5 \cdot 10^3$ МПа) канал расширяется радиально с большой

скоростью. В жидкости создается давление плазмы и под его действием она сжимается и передает давление на образец. Расстояние от оси канала разряда до обрабатываемой поверхности 35 мм. Длительность воздействия 200 мкс. Нагружение осуществлялось по 2-м схемам. В первом случае образец помещали непосредственно в емкость с водой, при этом слой радиоактивного изотопа (как правило, меченые собственные атомы) был обращен в сторону источника ударных волн, и образец подвергался только упругой деформации. Во втором случае импульсное воздействие на образец производили через боек, который приводился в движение в результате динамического нагружения ударной волной.

Для возбуждения колебаний с частотой 30 кГц в образцах, длина которых выбиралась кратной половине длины ультразвуковой волны, применяли ультразвуковой излучатель типа ПМС-15А-18, питаемый от генератора УЗГ-10М, и резонансные волноводные системы с непосредственным жестким креплением образца к концентратору. Обработка (УЗО) осуществлялась при температурах 573 – 873 К в течение 15 – 20 минут. Это позволило развивать знакопеременные напряжения, близкие к пределу прочности. Помимо озвучивания с ультразвуковой частотой исследовались диффузионные процессы и при наложении на ультразвуковую обработку импульсной пластической деформации (УЗУО). В процессе нагружения образец испытывал 10^4 – 10^5 ударов. Применяемая методика нагружения позволяла получать равномерную по площади деформацию образца при комнатной температуре, а также при повышенных температурах в интервале скоростей деформации 0,1 – 0,5 с⁻¹. Причем степень деформации в установившемся режиме УЗУО не зависела от продолжительности обработки. Длительность обработки составляла 10 – 60 с, из которых только в течение 10 % общего времени нагружения происходила импульсная деформация.

Одним из способов упругого деформирования является также ионная бомбардировка в газовых разрядах. Обработку металлов в тлеющем разряде производили по диодной схеме. Катодное облучение образцов из различных металлов и сплавов осуществляли в камере диодного типа диаметром 150 мм, изготовленной из нержавеющей стали. Расстояние между анодом, представляющим собой полый молибденовый цилиндр диаметром 30 мм и длиной 40 мм, и катодом в зависимости от формы и размера образцов изменялось в пределах 150 – 200 мм. С целью получения сопоставимых результатов обработку цилиндрических образцов проводили либо всех одновременно, либо путем последовательного облучения каждого образца.

Исследование подвижности и распределения атомов, изменения фазового состава в зоне взаимодействия металла с элементами внедрения в процессе различных упругих воздействий при различных параметрах нагружения изучено методами радиоактивных изотопов, рентгеноспектрального и рентгеноструктурного анализа.

Проведенные эксперименты показали как возможность ускоренного создания развитой диффузионной зоны при низких вплоть до комнатной температурах упругой деформации (рис. 1), так и перспективность данных видов воздействия для промышленной практики.

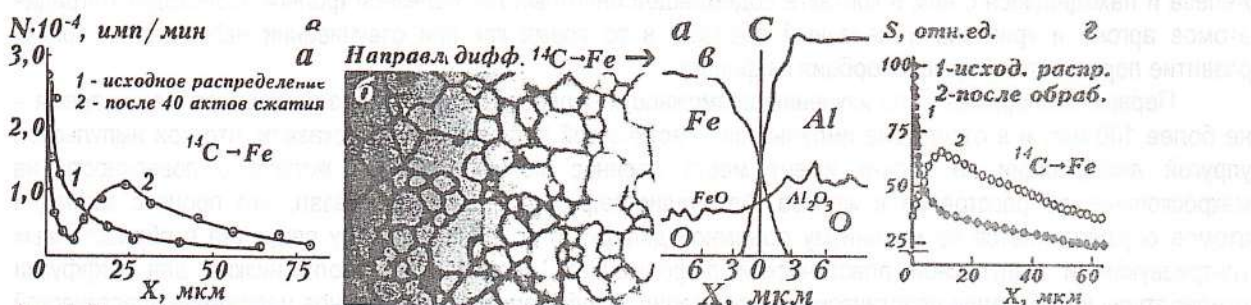


Рис. 1. Перераспределение атомов неметаллов при сжатии среды (а), ультразвуковом нагреве (б), ЭГВ-воздействии (в), бомбардировке ионами Ag в тлеющем разряде (г)

Авторадиографические исследования диффузионной зоны при сжатии нейтральной среды показали, что в присутствии упругой деформации подобно тому, что имеет место в стационарных изотермических условиях, наблюдается преобладающий вклад зернограницной диффузии в общий поток вещества. Соотношение потоков составляет в среднем 2:1. Отметим, что в двухфазном материале (ВТ-20) наблюдается также миграция атомов (^{63}Ni , ^{44}Ti) по межфазным границам, и в этом случае глубина проникновения возрастает соответственно на 8 и 10 мкм. Проникновения атомов инертного газа не наблюдалось. При переходе от обработки в нейтральной среде к сжатию среды, состоящей из элементов, которые могут взаимодействовать с исследуемыми металлами при нагреве, возникают новые закономерности. Так, обработка титана и железа в азото- и углеродсодержащих средах соответственно показала, что характер распределения радиоактивных никеля в титановой основе и железа в железе и стали

становится более сложным. Кривая распределения без импульсной обработки представляет собой экспоненту, тогда как после обработки на глубинах порядка 4 мкм появляется минимум, а на глубине порядка 15 мкм максимум концентрации ^{63}Ni . Исследование поверхностных слоев этих образцов методом Оже-спектроскопии показало повышенное содержание азота в слое до 0,5 мкм, и его концентрация в твердом растворе близка к равновесной. Кроме того рентгенографически выявляется на поверхности образца небольшое количество нитрида титана Ti_2N с тетрагональной симметрией ($a = 0,4943$ нм, $c = 0,3036$ нм), причем с увеличением длительности обработки до 2 ч заметно возросло содержание ε -фазы, в то время как значения параметров решетки изменились слабо. Аналогичным образом происходит перераспределение атомов железа и углерода (рис. 1 а). Фазовый анализ диффузионной зоны железа показал, что при изотермическом отжиге в насыщающей среде (CH_4) в результате цементации в поверхностном слое образуется примерно 35% аустенита. Применение импульсного воздействия приводит к образованию аустенита в количестве 65%. Отметим, что дополнительное наложение пластической деформации, согласно данным [2], приводит к проникновению и атомов нейтральной среды.

При высокочастотном озвучивании атомы углерода и металлов в железе на поверхности образца и на всем протяжении диффузионной зоны располагаются преимущественно по границам зерен (рис. 1 б), а вклад объемной диффузии в общий поток вещества наблюдается примерно до середины диффузионной зоны. Исследование процесса цементации показало, что наложение ультразвуковых колебаний на отжигаемый образец из железа и железоникелевого сплава несколько усиливает процесс образования карбидов железа и приводит к их более равномерному распределению в матрице. В этом случае карбиды располагаются не только на границах, но и в объеме зерен. При наложении импульсной деформации на озвучиваемый образец проникновение атомов углерода в железо и его сплавы с никелем и углеродом подобно миграции собственных атомов в железе, описывается экспоненциальной зависимостью от квадрата глубины проникновения во всем исследуемом интервале температур вплоть до комнатной, что указывает на преимущественно объемный характер переноса вещества, подтверждаемый автордиографическим анализом. Увеличение равномерности в распределении легирующих примесей способствует улучшению механических характеристик обработанного металла. Отметим, что в интервале от $3 \cdot 10^4$ до $1,8 \cdot 10^5$ ударов и от 305 до 873 К максимальное значение концентрации атомов углерода и металлов, с точностью до 0,1 мкм соответствует поверхности деформируемого образца аналогично тому, что имеет место при изотермическом отжиге и высокочастотном озвучивании. С ростом размера зерна образца в ~ 20 раз подвижность атомов, ни их распределение в диффузионной зоне не изменяются, что, несомненно, является следствием миграции атомов по объему зерен. Подвижность атомов увеличивается на несколько порядков по сравнению с озвучиванием и изменяется наклон температурной зависимости, причем в разной степени для металлов и неметаллов. Для углерода и азота энергия активации уменьшается в 2 – 2,5 раза, а для металлов – в 20 – 30 раз. Интересно отметить, что при одновременном деформировании в процессе УЗУО железа и находящейся с ним в контакте содержащей инертный газ железной фольги происходит миграция атомов аргона и криптона в железный образец, в то время как при озвучивании наблюдается только развитие пористости и термодесорбция из фольги.

Первые эксперименты по изучению возможности переноса вещества без нагрева, за малое время – не более 100 мкс, и в отсутствие импульсной пластической деформации [3] показали, что при импульсной упругой деформации не только имеет место перенос меченых атомов железа с поверхности на макроскопическое расстояние в железо. Автордиографический анализ показал, что процесс миграции атомов осуществляется по механизму объемной диффузии подобно переносу вещества в обработанных ультразвуком и импульсной пластической деформацией, несмотря на столь низкие для диффузии температуры и отсутствие пластической деформации. Более того, дополнительное наложение пластической деформации, не изменяя объемное распределение атомов, способствовало замедлению диффузии и уменьшению количества образовавшихся фаз в отличие от того, что имеет место при высокочастотном озвучивании. Однако в обоих случаях за доли миллисекунды возникали твердые растворы металлов и неметаллов в исследуемых металлах и фазы внедрения, а для исходных фаз (карбиды, окислы) наблюдался частичный распад и миграция высвободившихся атомов (рис. 1 в). Отметим, что подвижность атомов при ЭГИ обработке зависит от количества актов воздействия, энергии электрогидро-импульса, состава обрабатываемого металла и вида проникающих атомов, и изменяя эти параметры, можно создавать заданные фазовый состав и свойства диффузионной зоны.

Перераспределение атомов углерода под действием облучения изучали на армо железе и стали У8, подвергнутых цементации в порошкообразном карбюризаторе $\text{Ba}^{14}\text{CO}_3$ в течение 1 ч при 1273 К. Глубина проникновения атомов аргона в цементированные железо и сталь при такой обработке не превышала 30 – 35 мкм. Причем инертный газ сосредотачивается преимущественно в рыхлой ОЦК – фазе (α -Fe), а не в компактном цементите. Как видно из рис. 1 г, ионная бомбардировка приводит к такому перераспределению

атомов углерода, что на концентрационных профилях возникают максимумы, которые находятся на расстоянии 7 - 10 мкм от поверхности и простираются на глубину 23 мкм в железе и 20 мкм в стали, причем максимальная концентрация углерода в стали в 2 раза выше, чем в железе. По-видимому, некоторый вклад в возникновение концентрационного пика вносят процессы выделения карбида железа Fe_3C , происходящего непосредственно в процессе ионной бомбардировки.

Полученные результаты указывают на возможность ускоренного массопереноса на стадии упругой деформации. Однако не исключено также, что массоперенос стимулирует скоростная пластическая деформация, происходящая в микрообъеме приповерхностного слоя и не распространяющаяся в глубь металла.

Библиографический список

1. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальченко В.М. Импульсная обработка и массоперенос в металлах при низких температурах. — Киев: Наук. думка, 1991. — 205 с.
2. Клявин О.В., Чернов Ю.М., Мамырин Б.А. и др. // ФТТ. — 1976. — 18, № 5. — С. 1281 - 1285.
3. Бабей Ю.Н., Гуревич М.Е., Докторович Э.Л. и др. // ФХММ. — 1979. — № 2. — С. 76 - 77.

УДК 533.219.3:537.636

Миронов А.В., Миронова Т.Ф.

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ СИСТЕМАХ

Обсуждаются особенности фазовых переходов второго рода в ферромагнитных системах и поведение термодинамического потенциала, как функции одного из термодинамических параметров.

Многие конденсированные среды: твердые тела, жидкости и газы — при определенных условиях так изменяют свое состояние, что малому изменению внешних сил (давления, температуры, поля) соответствуют конечные изменения свойств среды. Такие изменения в среде принято называть фазовыми переходами. По обе стороны от точки (области) перехода фазы различаются по своим свойствам, определяемым первыми или вторыми производными от термодинамических функций состояния. В качестве примеров фазовых переходов можно назвать плавление, ожидение газов, магнетизм, сверхтекучесть, упорядочение сплавов, фазовый распад и многие другие явления. Фазовые переходы сопровождаются появлением в среде новых, часто интересных для практики свойств, и в настоящее время фазовые переходы в разных средах интенсивно изучаются специалистами разных областей техники.

В поведении термодинамической системы особый интерес представляют точки, в которых скачком меняются свойства системы — точки фазовых переходов. В тоже время термодинамические потенциалы, исходя из требования термодинамической устойчивости [1], должны быть непрерывны при переходе, и их изменения в области бесконечно близкой к точке перехода должны быть бесконечно малы. Для выполнения этого условия возможны два пути: либо появление в среде бесконечно малого количества новой фазы с конечным отличием определенных ее свойств от свойств исходной среды (фазы), либо возникновение новой фазы во всем объеме среды, но те же свойства новой фазы бесконечно мало отличаются от свойств исходной.

Первый случай — случай переходов первого рода, он обычно сопровождается скачком первых производных от соответствующего термодинамического потенциала [2]. Поскольку возникновение новой фазы с заметно различающимися свойствами приводит к появлению границы раздела фаз и связанной с границей поверхностной энергией, то зародыши новой фазы слишком малого размера невыгодны.

Во втором случае — случае переходов второго рода, появление новой фазы происходит сразу во всем объеме и не связано с изменениями в свойствах, определяемых первыми производными термодинамических потенциалов [3]. Поскольку «скачкообразное» изменение свойств макроскопического объема среды невозможно, в окрестностях точки перехода должны флуктуационно возникать все большие области «будущего состояния», так чтобы сразу после перехода новое состояние могло «захватить» весь объем.

Роль флуктуаций, при фазовых переходах второго рода очень велика. В конечном счете, флуктуации определяют многие равновесные и неравновесные свойства системы вблизи перехода.

В точке фазового перехода второго рода скачки испытывают вторые производные соответствующего термодинамического потенциала: теплоемкость, упругость, восприимчивость. Примером перехода второго рода как раз и является переход ферромагнетик — парамагнетик.

Точка фазового перехода второго рода представляет собой особую точку термодинамического потенциала, как функции одного из термодинамических параметров в том смысле, что она одновременно яв-

ляется общей для двух линий потенциалов, кончающихся в этой точке. В этом заключается одно из существенных отличий переходов второго рода от переходов первого. Эта особенность делает проблему переходов второго рода чрезвычайно сложной как в физическом, так и в математическом отношении.

Поведение любого из свойств f_k вблизи точки фазового перехода, характеризуемой на фазовой диаграмме координатами $(x_{1c}, x_{2c}, \dots, x_{nc})$, принято описывать в функции одной из приведенных координат $f_k(\varepsilon_i)$, где $\varepsilon_i = \frac{x_i - x_{ic}}{x_{ic}}$. Например, для температурных зависимостей $\chi(T)$, $\Delta V(T)$, $C_v(T)$ $x_{1c} = T_c$ и при малых отклонениях от T_c

$$\chi(T) \sim |\tau|^{-\gamma}, (\tau > 0) \quad (1)$$

$$\Delta V(T) \sim |\tau|^{\beta}, (\tau < 0) \quad (2)$$

$$C_v(T) \sim |\tau|^{-\alpha}, (\tau > 0) \quad (3)$$

Здесь $\tau = \frac{T - T_c}{T_c}$ - приведенная температура, а показатели степени $\alpha, \beta, \gamma, \dots > 0$ носят название критических показателей или индексов. Соотношения (1 – 3) не означают степенного поведения рассматриваемых свойств в широкой температурной области, они свидетельствуют лишь о наличии предела

$$\lambda = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{\ln f_k(\tau)}{\ln |\tau|}. \quad (4)$$

Последний также может служить общим определением критических индексов вблизи фазового перехода. Последнее соотношение дает экспериментальный способ определения критических индексов λ из наклона зависимостей $\ln f$, построенных, как функции τ , в двойном логарифмическом масштабе.

Однако, следует отметить, что трудности определения критических индексов в реальных системах заключаются в том, что даже самые тщательные и очень сложно проводимые опыты могут подвергаться сомнению, так как полученный при конечных τ закон поведения $f(\tau)$ может измениться как при дальнейшем уменьшении τ , так и при очень малом изменении значения T_c под влиянием примесей, внешних воздействий, в частности, магнитного поля.

К числу классических ферромагнетиков принадлежат такие металлы, как Fe, Ni, Co. Ферромагнетик характеризуется самопроизвольной намагниченностью, которая ниже некоторой температуры не исчезает даже в отсутствии магнитного поля [4]. Физически это означает, что силы обменного взаимодействия между спинами электронов приводят к параллельной ориентации спинов, и самопроизвольную намагниченность можно определить при $T < T_c$ как

$$M_0(T) = \lim_{H \rightarrow 0} M(T, H) \sim |\tau|^{\beta} \quad (\tau < 0), \quad (5)$$

где $M(T, H)$ – равновесная намагниченность в поле H с учетом размагничивающего фактора. С ростом температуры $M_0(T)$ уменьшается и полностью исчезает в точке Кюри. На рис.1 показан график приведенной намагниченности $m(T, H) = M(T, H) / M_0(0)$.

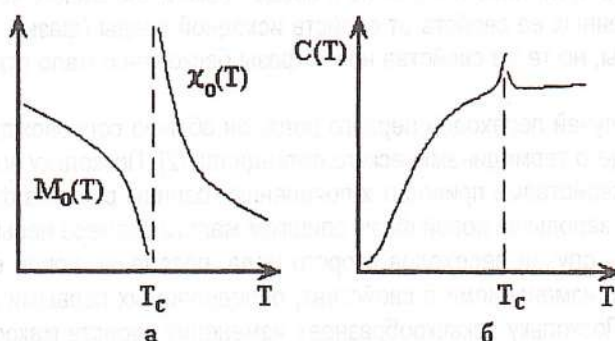


Рис.1. а) Спонтанная намагниченность и начальная восприимчивость ферромагнетика вблизи T_c , б) теплоемкость ферромагнетика при $H=0$ [1]

Выше T_c намагниченность при $H=0$ отсутствует, а начальная восприимчивость стремится к бесконечности при приближении к T_c^+ (рис.1 б):

$$\chi_0(T) = \left(\frac{\partial M}{\partial H} \right)_{H \rightarrow 0} \sim |\tau|^{-\gamma} \rightarrow \infty. \quad (6)$$

В случае ферромагнетиков также имеют место аномалии теплоемкости, однако, они часто маскиру-

ются обычной решеточной теплоемкостью и лишь у ферромагнетиков с низкими точками Кюри составляют значительную часть суммарной теплоемкости системы.

Библиографический список

1. Александров К.С. Фазовые переходы. – Красноярск: Красноярский гос. ун-т, 1978. – С. 6-13.
2. Шьюмон П. Диффузия в твердых телах. – М.: Металлургия, 1966. – 195 с.
3. Китель И. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978. – 791 с.
4. Вонсовский С.В. Магнетизм. – М.: Наука, 1971. – 1032 с.

УДК 539.21+669.017:53

Кривченко А.Л., Петров Е.В., Кирсанов Р.Г.

Самарский государственный технический университет

Самарская государственная сельскохозяйственная академия

МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ЧАСТИЦ С ПРЕГРАДОЙ

Рассмотрены механизмы взаимодействия потока высокоскоростных частиц с преградой. Показано, что имеющиеся публикации по этому вопросу до сих пор носят весьма противоречивый характер и для получения более адекватного механизма необходимы дополнительные исследования данного эффекта.

Среди различных способов обработки материалов особое место занимают динамические методы, связанные с использованием энергии взрыва. В настоящее время в литературе уже накоплен обширный теоретический и экспериментальный материал по структуре и свойствам металлов и сплавов после ударно-волнового воздействия.

В 80-х годах 20 века при взаимодействии с мишенью разогнанного энергией взрыва потока высокоскоростных дискретных частиц размерами 10-100 мкм, было обнаружено сверхглубокое проникание (СГП) отдельных частиц на глубины более 1000 их диаметров. Имеющиеся публикации по этому вопросу до сих пор носят весьма противоречивый характер [1-7].

Как правило, для объяснения механизма взаимодействия тела (ударника) с мишенью привлекают гидродинамическую теорию, в рамках которой мишень рассматривают как несжимаемую жидкость. Проникание тел на глубину, превосходящую их размер на 2-4 порядка, противоречит гидродинамике процесса, согласно которой глубина проникания L_k оценивается формулой:

$$L_k = l_0 \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_0}},$$

где l_0 - приведенная длина ударника; ρ_1 и ρ_2 - плотности материалов ударника и преграды. Расчет по данной формуле дает значение проникания не более 3-х диаметров ударника. Даже уточнение данной формулы, предложенное в работе [16]:

$$L_k \sim d_0 \sqrt{1 + \frac{D_k}{d_0}},$$

где d_0 - диаметр тела, D_k - максимальный (конечный) диаметр каверны; не позволяет получить значения глубины проникания свыше десяти диаметров тела. Как справедливо отмечено авторами данной работы, предложенное соотношение хорошо описывает явление соударения с преградой одиночных высокоскоростных тел, но эффект СГП проявляется лишь при наличии организованного потока порошкообразных частиц.

Для объяснения механизма СГП было предложено несколько гипотетических моделей, которые с той или иной позиции объясняют физическую картину явления.

Одно из направлений рассматривает сверхглубокое проникание частиц за счет развития трещины. В одной из первых гипотез [2] академик Черный Г.Г. объясняет механизм СГП за счет низкого сопротивления мишени движущейся частице, обусловленного хрупким разрушением с раскрытием и движением трещины впереди частицы. Свою гипотезу автор обосновывает экспериментами с крупными телами в условиях нормальных температур. Основным допущением данной гипотезы является то, что из-за высоких скоростей деформации в материале не успевают проявиться свойства материала мишени, и он ведет себя как упругий и хрупкий. В результате чего перед движущимися частицами возникают трещины нормального отрыва.

К основным недостаткам данной гипотезы можно отнести рассмотрение взаимодействия тел при нормальных температурах (частицы малы и их увеличение температуры значительно) и отсутствие учета взаимодействия потока частиц и преграды.

Модель СГП, предложенная в работе [3] Григоряна С.С. "О природе "сверхглубокого" проникания твердых микрочастиц в твердые материалы", так же основывается на образовании трещины, но учитывает фрикционную диссипацию энергии, идущую на нагрев трущихся тел - частицы и мишени, а также совмещает кинетику пластической деформации и сколового разрушения.

В работе [4] "Локальное хрупкое разрушение как возможный механизм явления сверхглубокого проникания частиц малых размеров в твердое тело" Козарезова К.И. и сотрудников, эффект сверхпроникания связывается с приблизительным равенством времени расклинивания трещины частицей и времени релаксации материала мишени. В этом случае энергия образования трещины на 2-3 порядка меньше энергии пластической деформации, что и позволяет частице пройти на очень большую глубину.

В работе [5] Ададурова Г.А. "Об "аномальных" явлениях, сопровождающих импульсное нагружение поверхности" делается попытка объяснить СГП воздействием на материал боковых волн разгрузки, вследствие чего возникает разупрочненные области в виде радиальных трещин, которые способствуют прониканию частиц. Однако это предположение противоречит экспериментам, проведенных в работе Козарезова К.И. "Структурные эффекты при сверхглубоком проникании частиц в металлы". Там боковая поверхность образца была зажата в обойме, что исключала воздействие боковых волн разгрузки, однако эффект СГП наблюдался.

Особое место занимают модели, в которых ударная волна рассматривается как основной фактор, обуславливающий СГП. Это работы Симоненко В.А., Забабахина Е.И. и Андреева С.Г.

В работе [6] Забабахина Е.И. считается, что захват частиц фронтом ударной волны возможен, а силы за фронтом, обусловленные повышением давления за фронтом волны, достаточны для обеспечения стационарного движения тела со скоростью фронта. Численное моделирование показывает принципиальную возможность "захвата" отдельных частиц фронтом упруго-пластичной волны. Анализ данной гипотезы позволяет выявить некоторую несоизмеримость скорости фронта и времени взаимодействия частицы с мишенью, а также не объясняет отсутствие следов турбулентности в треке частицы.

Авторы работы [7] "Образование второй ударной волны при соударении частицы с поверхностью при детонационном напылении" явление СГП связывают с возникновением второй ударной волны вслед за первой, что приводит к резкому торможению границы раздела и осуществляет перераспределение кинетической энергии, возвращая частице энергию на отрыв ее от мишени. Эта модель применима для одиночной частицы, но в случае воздействия потока частиц поверхность матрицы испытывает непрерывную серию микроударов.

Несколько другая концепция имеет место в трактовании СГП с позиции пластического деформирования в работе Альтшулера Л.В., Андиленко С.К., Романова Г.С., Ушеренко С.М. "О модели сверхглубокого проникания", в которых движение частиц рассматривается как бы в среде невязкой несжимаемой жидкости. Считается, что число Рейнольдса $Re \gg 1$, а скорость движения частицы меньше скорости звука в материале. Импульсное нагружение матрицы характеризуется переменным полем давлений и импульс его имеет энергию достаточную для плавления некоторой части массы перед частицей, а импульсы давления как бы проталкивают частицу вперед.

Интересна модель СГП, основанная на структурных превращениях в области взаимодействия частицы с мишенью, в частности, о связи данного явления с временем незавершенного фазового перехода, предполагая что в этот момент сопротивление материала равно нулю.

В работах Мержиевского П.А. уточняется, что воздействие высокоскоростного потока существенно отличается от воздействия одиночного ударника возможностью перераспределения энергии удара. Основные концепции данного явления были подтверждены в работе Андиленко С.К. "Сверхглубокое проникание частиц порошка в преграду", в частности, была получена количественная информация о зависимости глубины проникания, объема канала и потери массы частицы, энергии соударения и удельной плотности энергии кратерообразования от размера частиц. Там же отмечена роль схлопывания кратера.

Представление о реализации локальных давлений при взаимодействии частиц, разгоняемых энергией взрыва, с металлической мишенью развивается в работах Ноздрина В.Ф., Ушеренко С.М., Губенко С.И., затрагивая и субструктурный уровень. Для проникания частиц в металлическую матрицу необходимо преодоление сил межмолекулярных связей и переход локальных областей в квазжидкое состояние как локализации деформации. При движении в матрице частицы возбуждают перед собой ударно-пластические волны и перемещают фронт высокого давления. Процесс пластической деформации вблизи траекторий движения частиц реализуется в виде релаксационных волн, имеющих сдвиговую и ротационную компоненты. На пути движения частиц образуются зоны сильно разупорядоченного состояния. В результате чего имеет место чрезвычайно высокая подвижность атомов, что и объясняет высокую скорость перемещения частиц и схлопывание каналов.

Одна из последних моделей представляет процесс СГП как кавитационный процесс. Взаимодействие потока частиц с мишенью приводит к образованию волн в ультразвуковом диапазоне и проявлению явления

кавитации. Частицы при движении прорывают лишь прослойки материала между кавитационными полостями в мишени. Этим и объясняется сверхглубина проникания.

Как видно из рассмотренных источников, механизм СГП очень специфичен, а рассматриваемые модели: развитие трещин, захват частиц фронтом ударной волны и т. д. не только не дополняют, но и взаимно исключают друг друга. Концепция аномально пластического поведения материала при высокоскоростном нагружении материала, хотя и численно хорошо моделируется, однако не может считаться доказанной. В то же время, близость изменения структур материала при его ультразвуковой обработке и при нагружении его потоком высокодисперсных частиц явно указывает на корреляцию процессов, связанных с высокочастотными акустическими явлениями.

Таким образом, существует большое количество моделей СГП дискретных частиц, однако, ни одна из них не может полностью объяснить и описать всю совокупность явлений сопровождающих сверхглубокое проникание, высокоскоростных дискретных частиц. Основные динамические характеристики СГП практически определены и требуют лишь некоторого уточнения, а о механизме СГП или о его анализе, как правило, можно судить по изменению свойств и структуры металлических матриц различных металлов и сплавов, модельно бомбардируемых потоками различных по геометрическим, физическим характеристикам. Поэтому для получения более целостной картины, необходимы дополнительные исследования данного эффекта.

Библиографический список

1. Ушеренко С.М., Фурс В.Я. Исследование влияния высоких давлений, создаваемых в локальных зонах, на состояние металлического тела // Влияние высоких давлений на свойства материалов: М-лы IV-V республиканских семинаров. - Киев, 1983. - С.165-167.
2. Черный Г.Г. Механизм аномально низкого сопротивления при движении тел в твердых средах. // ДАН СССР. - 1987. - Т.292. - №6. - С.1324-1326.
3. Григорян С.С. О природе "сверхглубокого" проникания твердых микрочастиц в твердые материалы. // ДАН СССР. - 1987. - Т.292. - №6. - С.1319-1323.
4. Козорезов К.И., Козорезов А.К., Миркин Л.И. Локальное хрупкое разрушение как возможный механизм явления сверхглубокого проникания частиц малых размеров в твердое тело. // Физ.прочн. и пластичности металлов и сплавов: Тез. докл. XIV межд. конф., 27-30 июня, 1995. - Самара. - 444 с.
5. Ададунов Г.А., Беликова А.Ф., Буракова С.М. Об "аномальных" явлениях, сопровождающих импульсное нагружение поверхности. // ФГВ. - 1992. - Т.28. - №4. - С.95-97.
6. Забабахин Е.И., Забабахин П.Е. Стационарное перемещение тела ударной волной. // ПМТФ. - 1980. - №2. - С.178-183.
7. Буракова С.Н. Образование второй ударной волны при соударении частицы с поверхностью при детонационном напылении. // ФГВ. - 1985. - Т.21. - №5. - С.107-113.

УДК 539.219.3.53.09

Миронов В.М., Коваль Ю.Н., Мазанко В.Ф., Герцриген Д.С., Алексеева В.В.

Самарская государственная сельскохозяйственная академия

Институт металлофизики НАН Украины

Самарский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ МАРТЕНСИТНОГО ПРЕВРАЩЕНИЯ НА ДИФфуЗИОННУЮ ПОДВИЖНОСТЬ АТОМОВ

Обсуждаются результаты экспериментального исследования температурной зависимости подвижности атомов в условиях импульсных деформаций, создаваемых мартенситными превращениями, и одновременного действия деформации и мартенситных превращений.

При импульсных воздействиях на металлы в условиях повышенных температур происходит ускорение диффузионного переноса атомов, причем энергия активации миграции атомов Q в этом случае уменьшается по сравнению с равновесными условиями и медленным деформированием [1]. С понижением температуры нагружения роль температуры ослабевает еще больше [2]. Импульсная деформация металлов, осуществляемая при температурах ниже комнатной, например, деформирование за счет объемного эффекта при мартенситных превращениях или удар падающим грузом на находящийся, например, в жидком азоте образец приводит к направленному проникновению атомов с поверхности в глубь на макроскопические расстояния непосредственно в процессе деформирования, а не при последующем отогреве [3].

Целью настоящей работы является определение температурной зависимости подвижности в условиях импульсных деформаций, создаваемых мартенситными превращениями, и одновременного действия деформации и мартенситных превращений.

Для исследования диффузии (массопереноса) при низких температурах нагружения в качестве источника импульсной деформации использовали низкотемпературное мартенситное превращение, протекающее по взрывной кинетике. Исследования проводили на сплавах железа с 29 - 33 %Ni, находящихся как в α (ОЦК), так и γ (ГЦК) состояниях, полученных соответственно путем закалки от 1373 К в жидкий азот или стабилизирующего отжига при 1373 К в течение 1 – 10 ч. Использовались образцы двух типов – кубики с ребром 10 мм из железоникелевого сплава в исходном γ – состоянии с чистотой поверхности не ниже 11-ого класса точности и П-образные оправки из α -Fe-Ni с той степенью шероховатости, что и образцы. Для каждого из исследуемых сплавов определяли температуру начала M_H и конца M_K прямого $\gamma \rightarrow \alpha$ -превращения по изменению пластичности и удлинения образца, связанному с образованием мартенсита, а также по изменению содержания мартенсита в сплаве, фиксируемому методом низкотемпературной рентгенографии. Точки A_H и A_K определяли по восстановлению формы при нагреве, по содержанию аустенита в сплаве и др. Определенные таким образом значения представлены ниже:

%	30%Ni	31%Ni	32%Ni	33%Ni	30%Ni
T, K	$M_H=233$	$M_H=185$	$M_H=140$	$M_H=93$	$A_H=553$

Импульсное деформирование сплавов железа с 29-33 % Ni в условиях $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращений осуществляли следующим образом. Оправку с образцом, помещенным таким образом, чтобы был обеспечен контакт между слоем изотопа и противоположными внутренними поверхностями оправки, помещали в жидкий азот (сплавы Fe – 33% Ni и Fe–30% Ni–0,5%С - в жидкий гелий) или печь, нагретую до 773 К (рис. 1).

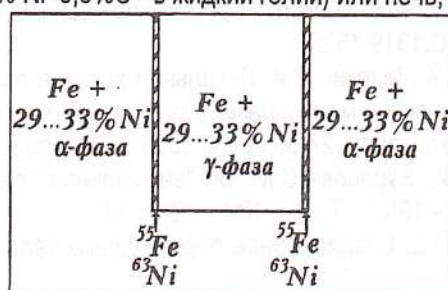


Рис. 1. Схема расположения образцов для нагружения при превращении в Fe-Ni -сплавах

Такой перегрев или переохлаждение оказывались достаточными для полного протекания превращения в образце или оправке. Это приводило к быстрой деформации ($\varepsilon \sim 1\%$, $\dot{\varepsilon} \sim 5 \cdot 10^{-2} \text{ с}^{-1}$) поверхностных слоев, поскольку $\gamma \leftrightarrow \alpha$ превращение в железоникелевых сплавах характеризуется значительным увеличением объема $\sim 3\%$. Таким образом, при каждом виде нагружения происходило превращение то в образце, то в оправке, и диффузия в сплаве осуществлялась или при одновременном действии превращения и деформации, или только деформации. Причем можно точно определить температуру импульсной деформации, вызванной превращением, поскольку основная масса вещества переходит в новую модификацию в первые моменты фазового перехода. В некоторых экспериментах между образцом и внутренней стенкой оправки вставляли тонкие пластинки ($\sim 2 \text{ мм}$) из стали, железа или никеля, испытывающие только импульсную деформацию.



Рис. 2. Авторадиограмма-реплика сплава после превращения и деформации на глубине $\sim 10 \text{ мкм}$, $\times 9800$

Проведенные эксперименты показали, что несмотря на низкие температуры обоих видов нагружения – от 553 до 93 К, концентрационные профили меченых атомов железа ^{55}Fe и никеля ^{63}Ni описывались экспоненциальными зависимостями от квадрата глубины проникновения, атомы располагались равномерно в каждом параллельном поперечном срезе (рис. 2) и отсутствовала преимущественная локализация проникающих атомов на границах зерен или фаз. Следовательно, проникновение атомов в глубь металла или сплава на глубины от 5 до 150 мкм происходит по объемному механизму, аналогично массопереносу при других видах импульсного воздействия на различные металлы в интервале температур от предплавления до жидкого азота [4]. Это дало возможность определить не эффективные, как это имеет место при низкотемпературных изотермических отжигах, а истинные коэффициенты объемной диффузии.

Влияние температуры на глубину проникновения и подвижность собственных атомов в деформируемом железе и Fe–Ni-сплавах, подвергнутых действию деформации и $\gamma \rightleftharpoons \alpha$ превращения, в интервале 553 – 93 К приведено на рис. 3. Из рассмотрения рис. 3 а следует, что снижение температуры до 140 К приводит к уменьшению глубины проникновения и увеличению крутизны профиля распределения концентрации атомов железа C , % (N , имп/мин). То же самое наблюдается при проникновении атомов никеля, только глубины проникновения ниже на 10 – 15 %. Однако в при переходе от 140 К к 93 К при обоих видах воздействия наблюдается резкое увеличение протяженности диффузионной зоны, и профили распределения атомов становятся более пологими. Аналогичным образом с понижением температуры деформации до 140 К уменьшается глубина проникновения X_{max} , и профиль распределения становится более крутым. Но, как и для одновременного действия деформации и превращения, при 93 К проникновение происходит на существенно большую величину. Причем наибольший прирост X_{max} наблюдается для железа и никеля, а наименьший – для стали. Кроме того, зависимость $C(N)$ от X является заметно более крутой, чем в чистых металлах или твердом растворе никеля в железе.

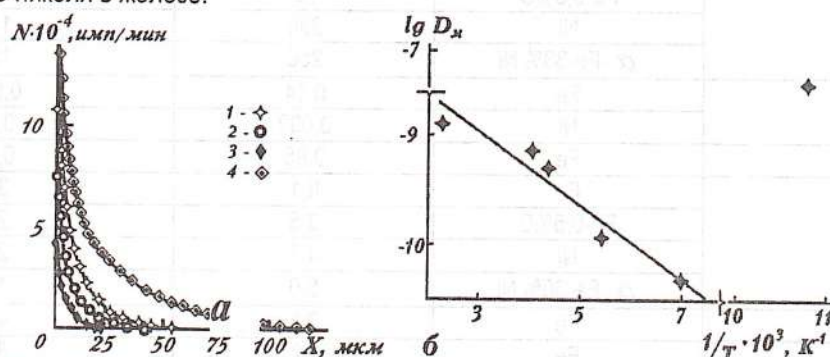


Рис. 3. Концентрационные профили распределения железа ^{55}Fe в сплавах железа с 30 (1), 31 (2), 32 (3) и 33 (4) % Ni (а) и температурная зависимость коэффициента самодиффузии ^{55}Fe (б) при создаваемой мартенситным превращением импульсной деформации

Рассмотрим температурную зависимость коэффициента диффузии. Как видно из рис. 3, б, логарифм коэффициента D_m железа прямо пропорционален обратной температуре вплоть до 140 К и характеризуется слабой температурной зависимостью. Действительно, при изменении температуры, примерно, на 400° величина D_m изменяется на 1,5 порядка. Аналогичная закономерность наблюдается и при совместном действии деформации и превращения – при уменьшении температуры $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения на 115° от 255 К до 140 К коэффициент диффузии снижается, примерно, в 20 раз. Отметим, что для сравнения взят меньший температурный интервал, поскольку сопоставление коэффициентов диффузии при сопровождающихся деформацией $\gamma \rightarrow \alpha$ и $\alpha \rightarrow \gamma$ превращениях может быть некорректным. Дальнейшее понижение температуры превращения приводит к заметному увеличению глубины проникновения и подвижности атомов (рис. 3, табл. 1, 2). Причем это справедливо для деформации и одновременного действия импульсной деформации и мартенситного превращения, для металлов и твердых растворов внедрения и замещения.

Таблица 1.

Влияние температуры превращения на подвижность атомов при действии превращения и деформации

Сплав	T, К	D_m , см ² /с	
		^{55}Fe	^{63}Ni
Fe-29%Ni	255	$5,0 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-9}$
Fe-30%Ni	233	$4,1 \cdot 10^{-9}$	$2,5 \cdot 10^{-9}$
Fe-31%Ni	185	$1,1 \cdot 10^{-9}$	$8,0 \cdot 10^{-10}$
Fe-32%Ni	140	$2,5 \cdot 10^{-10}$	$1,5 \cdot 10^{-10}$
Fe-33%Ni	93	$8,0 \cdot 10^{-8}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$

Для сравнения был взят гомогенный сплав Fe-30 % Ni-0,5 % C, находящийся в исходном аустенитном состоянии и также обладающий взрывной кинетикой превращения, начинающегося при температуре 93 К, и объемным эффектом ~ 3%. Нагружение осуществляли по описанной ранее схеме, но в оправке из железа. Оказалось, что проникновение меченых атомов железа и никеля с поверхности образца в железо под действием импульсной деформации происходит на ту же глубину и с той же скоростью, что и при использовании сплава Fe-33 % Ni. То есть одинаковые условия деформирования способствуют одинаковому протеканию процесса диффузии. В то же время перенос вещества в самом сплаве, который испытывает превращение и деформацию, происходит с меньшей скоростью, чем в сплаве Fe-33 % Ni, что, по-видимому, связано с наличием углерода в сплаве.

Для объяснения можно предположить возможность реализации механизма ускоренного массопереноса в твердых телах под воздействием импульсных упругих нагружений, основанную на пропорциональности между величиной приращенного объема ΔV и соответствующим увеличением потенциальной энергии ΔE [5]. Как при нагреве, так и при упругом деформировании кристаллического твердого тела за пределами закона Гука: $\Delta E / \Delta V = P_0$, где $P_0 = Q_0 / V_0$ - по физическому смыслу представляет собой плотность потенциальной энергии межатомных связей в решетке (Q_0 - энергия сублимации, V_0 - объем грамм-атома вещества, $P_0 \sim 5,7 \cdot 10^{10}$ Дж/м³).

Таблица 2.

Коэффициенты диффузии при действии только деформации

M_n, K	Материал	$D_m \cdot 10^{10}, \text{см}^2/\text{с}$	
		Fe	Ni
93	Fe	310	190
	Fe-0,5%C	72	65
	Ni	230	140
	α -Fe-33% Ni	250	150
140	Fe	0,14	0,095
	Ni	0,092	0,69
185	Fe	0,95	0,85
233	Fe	6,1	3,8
	Fe-0,5%C	3,5	2,0
	Ni	4,3	2,5
	α -Fe-30% Ni	5,0	1,7
255	Fe	7,8	4,2
553	Fe	12	8,3
	Fe-0,5%C	7,0	6,0
	Ni	6,0	5,0
	γ -Fe-30% Ni	8,0	6,5

Следовательно, механические и тепловые воздействия создают эквивалентные энергетические состояния решетки, и упругую деформацию растяжения можно сопоставить с некой эквивалентной температурой. И физической причиной ускорения переноса атомов может служить энергетическая активация подвижности атомов в условиях аномально больших (нелинейных) упругих деформаций - растяжением решетки в поперечном направлении в момент динамического продольного сжатия под воздействием ударного механического нагружения. То есть ускоренное проникновение подчиняется основным кинетическим закономерностям классической диффузии в условиях аномально увеличенных растяжений между атомами решетки, что на время действия импульса сжатия создает увеличенное "свободное" пространство для перемещающегося в кристаллической решетке атома. При этом предположении становится понятным меньший прирост подвижности атомов, диффундирующих в твердых растворах внедрения, т.е. при наличии примесных атомов в междоузлиях.

Таким образом, наблюдаемый рост коэффициента диффузии D_m при криогенных температурах связан с активацией движения атома за счет напряжений, возникающих при $\gamma \rightarrow \alpha$ превращении и импульсной деформации в сплаве, когда тепловые колебания атомов в узлах решетки обладают небольшой амплитудой колебаний и могут меньше препятствовать движению атомов с поверхности в глубь материала.

Библиографический список

1. Ларикив Л.Н., Фальченко В.М., Мазанко В.Ф. и др. // ДАН СССР. - 1975. - 221, № 5. - С. 1073 - 1075.
2. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., Фальченко В.М. // Металлофизика. - 1983. - 5, №4. - С. 74 - 80.

3. Герцрикен Д.С., Мазанко В.Ф., // ФММ. – 2005. – 99, вып. 2. – С. 187-193.
4. Миронов В.М., Мазанко В.Ф., Герцрикен Д.С., Филатов А.В. Массоперенос и фазообразование в металлах при импульсных воздействиях. – Самара: Самарский университет, 2001. – 232 с.
5. Мильман Ю.В., Трефилов В.И. Механизм разрушения металлов. – Киев: Наук. думка, 1966. – 59 с.

УДК 621.81.+531.716.4

Воротягин М.И.

РАЗМЕРНЫЙ АНАЛИЗ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

В статье дается анализ причин отказа коробок передач в процессе эксплуатации: неточности расположения поверхностей в процессе изготовления и сборки приводят к усиленному износу деталей. Предложена аналитическая зависимость допусков расположения поверхностей деталей, действительная величина которых не должна превышать суммарного значения допуска.

Коробка передач является сборочной единицей, в большой степени определяющей долговечность машины в целом. Наиболее уязвимым местом в коробке передач являются зубчатые колеса и подшипники качения, износ которых приводит к отказу этой сборочной единицы, вследствие неполноты контакта зубьев колес. Подвергаются также износу посадочные места корпусов и валов под подшипники качения и шлицевое соединение [1].

Основными причинами неполноты контакта сопряженных зубьев являются отклонения от параллельности и перекос осей посадочных поверхностей валов, корпусов и шлицев относительно геометрической оси.

Вследствие неполноты контакта зубьев сопряженных колес, происходит износ и разрушение поверхностного слоя. Из-за неполноты контакта возрастают удельные давления на контактирующие поверхности зубьев колес и приводят к их частичному скалыванию и выходу их из строя.

Отклонения расположения посадочных поверхностей валов и корпусов зубчатых колес в процессе монтажа суммируются и при неблагоприятном сочетании могут превышать допустимые значения и приводят к усиленному износу сопряженных поверхностей деталей.

Отклонения расположения поверхностей и осей деталей регламентируются допусками, которые можно представить в виде размерной цепи в вертикальной и горизонтальной плоскостях представленной на рисунках 1, 2.

На рисунке 1 показана схема коробки передач и размерная цепь в вертикальной плоскости. Допуск параллельности $T_{\text{пар}}$ определяется из зависимости:

$$T_{\text{пар}} = \sum_1^n A_i - \sum_1^p A_j,$$

где A_i, A_j – размеры увеличивающих и уменьшающих звеньев размерной цепи;

n – число увеличивающих звеньев размерной цепи;

p – число уменьшающих звеньев размерной цепи.

Для конкретно представленного случая формула примет вид

$$T_{\text{пар}} = A_3 - (A_1 + A_2)$$

Допуск параллельности можно определить, исходя из величин указанных размеров.

На рисунке 2 показана схема коробки передач и размерная цепь в горизонтальной плоскости, которая отражает перекос осей.

Перекос осей определяется по зависимости

$$T_{\text{пер}} = B_1 - B_2$$

В процессе изготовления деталей действительные отклонения расположения в виде отклонений расположения осей и поверхностей валов, корпусов, шлицев, отклонений от соосности отверстий корпусов, для ограничения которых должен предусматриваться суммарный допуск $TA_{\Sigma \text{пар}}$ в вертикальной плоскости и допуски перекоса осей TB_{Σ} в горизонтальной плоскости

$$TA_{\Sigma} = \sum_1^{m-1} (T_{\text{пар}i} + T_{\text{пар}K} + T_{\text{пар.шл}} + T_{\text{ск}})$$

$$TB_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m-1} (T_{\text{пер}i} + T_{\text{пер}K} + T_{\text{пер.шл}})$$

где $T_{\text{пар.к.шл}}$ – допуски параллельности осей валов, отверстий корпусов шлицев;

$T_{\text{ск}}$ – допуск соосности отверстий корпусов;

$T_{\text{пер.к.шл}}$ – допуски перекося осей валов, корпусов шлицев.

Учитывая многопараллельность осей валов и отверстий корпуса, суммарное проявление действительных отклонений в процессе сборки на контакте сопряженных зубьев колес, то суммарный допуск расположения TAB_{Σ} можно выразить следующей аналитической зависимостью

$$TAB_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{m-1} \left[\sum_{j=1}^n T_{\text{пар}j} + \sum_{j=1}^p T_{\text{пер}j} + \sum_{j=1}^k T_{\text{ск}j} \right],$$

где m – число всех составляющих звеньев размерной цепи;

n – число звеньев, определяющих допуск отклонений от параллельности осей посадочных поверхностей валов, корпуса, зубчатых колес;

p – число звеньев, определяющих перекося осей;

k – число зубьев, определяющих допуск соосности отверстий корпуса.

Отклонения расположения поверхностей и осей в коробке передач возникают вследствие неточности изготовления валов, корпуса, зубчатых колес и неточности сборки. Поэтому контроль расположения посадочных поверхностей валов, корпусов, зубчатых колес и неточности сборки должен осуществляться как на стадиях изготовления, так и на стадии сборки [2, 3].

В процессе ремонта коробок передач контроль расположения поверхностей деталей можно проводить, используя специальные установки и приспособления, поверочную плиту и другие приборы, а также калибрами положения.

Собранную коробку передач целесообразно контролировать по пятну контакта сопряженных зубьев. Для компенсации действительных отклонений расположения целесообразно при ремонте посадочных мест под подшипники качения полимерные композиции [4]. Возникающие неточности в расположении, проявляющиеся в виде отклонений от параллельности и перекося осей, их несоосности будут компенсироваться эластичностью полимерного материала.

Проведенные исследования показывают, что отклонения расположения поверхностей в коробке передач проявляются в виде отклонений от параллельности и перекося осей, от соосности и в процессе сборки суммируются и влияют на характер износа сопряженных поверхностей деталей.

Предельные отклонения расположения регламентируются допуском.

В процессе восстановления деталей необходим контроль расположения поверхностей с помощью специальных приспособлений или калибров положения, а в собранном виде – по пятну контакта сопряженных зубьев колес.

Посадочные места под подшипники качения целесообразно восстанавливать полимерными материалами, эластичность позволит компенсировать, возникающие погрешности расположения осей валов и корпусов.

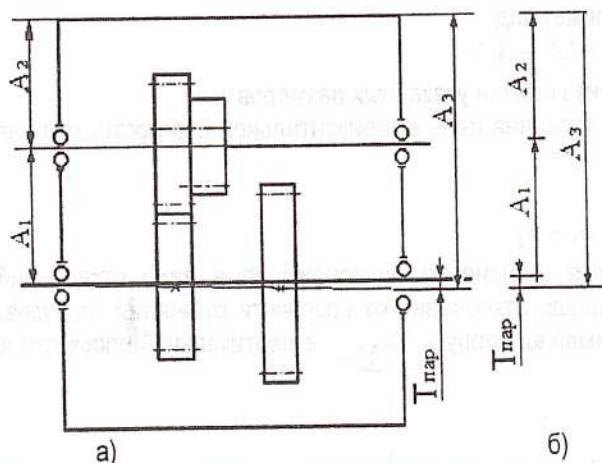


Рис. 1. Коробка передач (а) и схема размерной цепи (б) в вертикальной плоскости

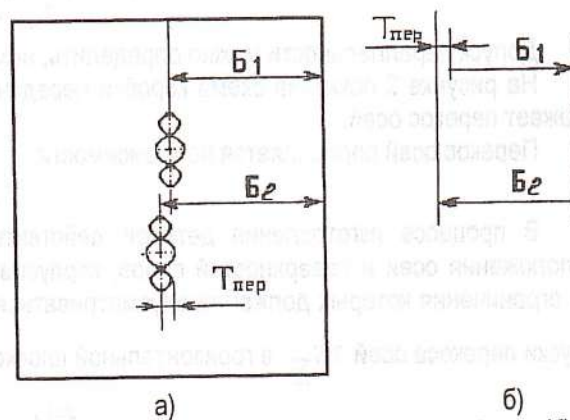


Рис. 2. Коробка передач (а) и схема размерной цепи (б) в горизонтальной плоскости

1. Воротягин М.И. Анализ точности размерных цепей сельскохозяйственной техники. // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке: сб. науч. тр. - Самара, 2004. - 464с.
2. Сушкевич М.В. Контроль при работе сельскохозяйственной техники. - М.: Агропромиздат, 1988. - 253с.
3. Новиков И.П. Основы сборки машин и механизмов. - М.: Машиностроение, 1980. - 592с.
4. Волков Г.М. Нетрадиционный авторемонт. // Техника в сельском хозяйстве. - 1997. - №1. - С. 15...19

УДК 621.43-21/-22.004.67

Митрофанов А. С., Мясников Б. Н.

ВЛИЯНИЕ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА «ФОРСАН» НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПАРЫ ТРЕНИЯ

В статье рассмотрено влияние ремонтно-восстановительного состава «Форсан» на физико-механические параметры пары трения.

В России в течение последних лет затраты на ремонт сельскохозяйственной техники возросли в 2...3 раза, а наработка на отказ у отремонтированных двигателей снизились в 1,7...3,5 раза [1]. Снижение надежности техники, занятой в сельском хозяйстве, приводит к значительному снижению эффективности сельскохозяйственного производства в целом, особенно в период посева и уборки урожая – время простоя техники достигает величины 40...50%.

Одним из основных направлений повышения ресурса двигателей, позволяющих без больших экономических затрат обеспечить работоспособность их, является применение присадок к маслам.

Присадки к маслам определяют работу сопряжения в реальных условиях трения. Они предназначены как для новых, так и изношенных двигателей. Присадки к маслам призваны улучшить свойства масляной пленки, разделяющей поверхности контакта.

Известны следующие основные виды функциональных присадок: загущающие; прирабочные; антиокислительные; антикоррозионные; моющие; противопенные; консервационные; антифрикционные, противозадирные и тд.

В настоящее время разработана новая группа препаратов – геомодификаторов. Препараты данной группы призваны изменить свойства рабочих поверхностей трибологического узла - шероховатость, величину коэффициента трения и износа, микротвердость, геометрию пятен контакта, а так же позволяют восстанавливать зазоры в сопряжениях. В данную группу геомодификаторов входят:

- реметаллизанты поверхностей трения;
- кондиционеры металлов;
- мелкодисперсные композиции на базе искусственных алмазов;
- ремонтно-восстановительные составы на базе минералов.

Суспензия «Форсан» относится к группе реметаллизантов. Данный препарат защищен патентом №2204623 "Способ формирования антифрикционного покрытия контактирующих трущихся поверхностей".

Для обработки двигателя данным препаратом не требуется его разборка. Необходимо подать «Форсан» к трущимся поверхностям, затем двигатель в течение небольшого периода времени должен прогреться для равномерного распределения «Форсана» в общем объеме масла.

Таблица 1.

Показатели качества масла М8-Г ₂	
Показатели	Значения
Кинематическая вязкость, мм ² /с при 100°С	8 ± 0,5
0 °С (не более)	1200
Индекс вязкости, не менее	95
Щелочное число, мг КОН/г, не менее	6,0
Зольность сульфатная, % не более	1,15
Моющие свойства по ПЗВ, баллы, не более	0,5
Температура вспышки, °С	200

С целью определения эффективности «Форсана» нами проводились испытания на машине трения СМТ-1 по схеме «ролик - колодка». Ролик и колодка изготавливали из чугуна СЧ – 20 с твердостью 180 НВ (материала, применяемого для изготовления деталей цилиндрической группы). Диаметр ролика 50 мм, ширина 12 мм; ширина колодки 10 мм. Частота вращения ролика $n = 600 \text{ мин}^{-1}$. Масло в зону контакта подавали капельным способом 3 – 9 капель в минуту. Образцы испытывали при нагрузке 840Н, что соответству-

ет реальной нагрузке в сопряжении гильза цилиндра – поршневое кольцо. Образцы до и после испытаний взвешивались на аналитических весах ВЛР – 200 с ценой деления 0,00005 гр., замерялась шероховатость и микротвердость. В качестве базового масла использовалось М-8-Г₂ с характеристиками (табл. 1).

Опыты проводили на базовом масле и базовом масле с 10% «Форсана». Опыты проводились с 3-х кратной повторностью, продолжительность опытов 9 ч.

Результаты испытаний показали, что образцы, работающие на базовом масле, изнашивались, а образцы, работающие на базовом масле + 10% «Форсан», имеют вместо износа увеличение массы.

На масле М-8-Г₂ средний износ ролика составил – 6,11мг, колодки – 5,07 мг.

На образцах с присадкой среднее значение увеличение массы ролика составило – 7,93 мг, колодки – 3,34 мг.

При работе на базовом масле М8-Г₂ происходит активное взаимодействие микронеровностей, что приводит к интенсивному изнашиванию. Исходная шероховатость образцов составляет у ролика Ra=1,6 мкм, колодки Ra=2,5 мкм. Среднеарифметическая шероховатость поверхностей после испытания – ролика - 1,0 мкм, колодки - 2,0мкм, то есть уменьшение составило для ролика – 37,5%, колодки – 20% от базовой величины.

При работе на масле М8-Г₂ + 10% «Форсан» так же происходит изменение шероховатости поверхности. Шероховатость поверхностей после испытаний имеет значения: у ролика - 0,80мкм, у колодки - 1,6мкм, то есть уменьшение шероховатости для ролика составляет 50%, колодки – 36% от базовой.

Одним из важных показателей изменения физико-механических характеристик поверхностного слоя является микротвердость. У исходных образцов эта величина была: у ролика – 240 МПа, у колодки – 330 МПа. У образцов работающих на базовом масле микротвердость увеличилась у ролика до – 320 МПа, у колодки до – 370 МПа. Такое увеличение микротвердости на наш взгляд происходит вследствие износа. Кривая зависимости микротвердости образцов после механической обработки[2] представлена на рисунке1. Где показано, что наибольшая микротвердость находится на глубине 10 – 20 мкм.

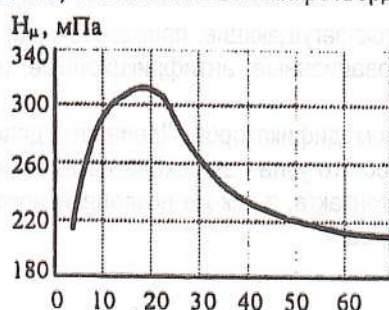


Рис.1. Распределение микротвердости по глубине образцов после механической обработки

У образцов работающих на базовом масле + 10% «Форсан», наблюдается увеличение микротвердости на 17% по сравнению с исходными образцами. Данное изменение произошло, на наш взгляд, по причине образования на поверхностях трения дополнительного защитного слоя.

Проведенные исследования показывают, что суспензия «Форсан» может быть использована для наращивания дополнительного нового защитного слоя на поверхности образцов с улучшенными трибологическими свойствами.

Библиографический список

1. Гаркунов Д., Польшер Г. Анализ изнашивания и избирательного переноса при трении. // Эффект безизносности и триботехнологии. – № 1. – 1992. – С. 9-11.
2. Трибология. Физические основы, механика и технические приложения: Учебник для вузов / И.И. Беркович, Д.Г. Громаковский; Под ред. Громаковского; Самар. гос. техн. ун-т. – Самара, 2000. – 268с.

УДК 631.3.002.3.

Фролов Ю.Н.

ОБЩАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ УГЛЕРОДИСТЫХ ЧУГУНОВ

В статье дано понятие углеродистых чугунов. Рассмотрены белые и графитизированные чугуны, приведена маркировка, в зависимости от класса, указан химический состав, механические, технологические и эксплуатационные свойства. Разработана общая классификация углеродистых чугунов.

Железоуглеродистые сплавы, полученные из руд в доменных печах, называются чугунами. Кроме перепельного чугуна (ГОСТ-805-80), 2...3% составляют специальные чугуны (ферросплавы). Это ферросилиций (1...1,25% С; 9...13% Si) и ферромарганец (5...7% С; 70...80% Mn).

По химическому составу чугуны подразделяют на углеродистые (общего назначения), в которых нормируется содержание углерода и постоянных примесей (Si, Mn, S, P), и легированные (специального назначения).

Углеродистые чугуны получают из обычных (не природнолегированных) руд и не вводят в них легирующих элементов. Они содержат от 2,14 до 6,67% С (в практике не более 5%) и постоянные примеси Si

(до 4,25%); Mn (до 2,5%); S (до 0,2%) и P (до 2%). По сути, чугун является многокомпонентным сплавом и диаграмма Fe-C (бинарная), упрощая поведение сплавов в целом, позволяет получить необходимые и наиболее ценные сведения по характеру важнейших структурно-фазовых изменений, протекающих в чугунах. В отличие от сталей постоянные примеси не только растворяются в основных фазах, но и образуют химические соединения с основными компонентами (Fe и C) и между собой, изменяя их свойства. Фазы могут присутствовать в чистом виде и образовывать механические смеси (двойные и тройные эвтектики).

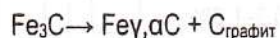
Углерод чугуна, в зависимости от химического состава и скорости охлаждения, может находиться в виде цементита или графита или одновременно в виде графита и цементита.

Цементит придает излому светлый блеск, поэтому чугун, в котором весь углерод находится в виде цементита (в феррите его почти нет), называется белым (цементитным). Такие чугуны получают при относительно быстром охлаждении (более 0,2°C/сек). Их структура зависит от содержания углерода и соответствует метастабильной диаграмме Fe-Fe₃C. Белые чугуны в зависимости от количества углерода подразделяются на доэвтектические (2,14...4,3%), эвтектические (4,3%) и заэвтектические (более 4,3%). Их получают из пердеельных чугунов марок П1 и П2. Они очень тверды, хрупки, плохо обрабатываются резанием и используются для передела в сталь.

Пердеельные чугуны марок ПЛ1 и ПЛ2 переплавляются в литейные чугуны по ГОСТ 4832. Литейные чугуны марок Л1, Л2,...Л6 используют для получения графитизированных чугунов СЧ и КЧ, а марок ЛР1, ЛР2,...ЛР6 (рафинированные магнием) для получения ЧВГ и ВЧ.

Чугуны, содержащие весь углерод или большую его часть в виде графита, называются графитизированными. Они, в сравнении со сталями, имеют более низкую температуру плавления, прочность и стоимость; но более высокую твердость, износостойкость и хрупкость. Хорошая жидкотекучесть (наличие эвтектики) и их способность к образованию малой усадочной раковины позволяет получать из них достаточно качественные отливки сложной формы даже при малой толщине стенок. Это делает его пригодным для изготовления различных деталей сельскохозяйственных машин.

Образование стабильной фазы графита в чугуне может происходить в результате его выделения из жидкого (твердого) раствора или вследствие распада предварительно образующегося цементита (наиболее часто)



Процесс образования в чугуне графита называется графитизацией, поэтому чугуны, содержащие графит, графитизированными.

Графитизированные чугуны получают из доэвтектического по углероду чугуна (до 3,8%) с достаточным содержанием кремния и скоростью кристаллизации менее 0,2°C/сек, с нормированным количеством Mn и S, которые отбеливают. Фосфор не влияет на графитизацию, но улучшает литейные свойства. Для активизации графитизации часто проводят модифицирование.

Модифицирование – введение в расплав мелкодисперсных порошков химических элементов или их соединений, обычно не более десятых долей процента, которые, почти не меняя химический состав, искусственно регулируют число центров кристаллизации, скорость роста и форму структурных составляющих.

Микроструктура графитизированных чугунов состоит из металлической (стальной) основы и включений графита. Свойства чугуна зависят от свойств металлической основы и характера включений графита, т.е. от формы, количества и равномерности распределения. Графит имеет высокую пластичность и жаростойкость, низкую твердость и прочность, но улучшает обрабатываемость резанием, гасит вибрацию, повышает циклическую вязкость и антифрикционность.

Графит может иметь форму тонких острых пластин, червеобразных пластин с округлыми краями, хлопьев и шаров. Форма в основном влияет на пластичность чугуна и в меньшей степени на прочность.

Металлическая основа (в ГОСТах класс чугуна) в основном определяет его твердость и прочность, но влияет и на пластичность. В чугунах ферритного (150НВ) класса весь углерод в свободном состоянии в виде графита. В перлитном (250НВ) классе 0,8% углерода находится в виде цементита, а остальной углерод является графитом. Феррито-перлитный (150 < НВ < 250) класса – менее 0,8% углерода образуют цементит, остальное графит. Повышенная твердость феррита и перлита чугуна, относительно углеродистых сталей, обусловлена большим содержанием постоянных примесей.

В марках графитизированных чугунов первое число показывает минимальный предел прочности на растяжение (σ_v в кгс/мм²), второе число пластичность (относительное удлинение $\delta\%$).

Серые чугуны с пластинчатым графитом (СЧ) по ГОСТ1412-85 маркируются: СЧ10, СЧ15,...СЧ35. Твердость от156 до 270НВ Твердость и прочность с уменьшением толщины стенок отливки возрастает, с увеличением снижается. Относительное удлинение от 0,5 до 0,2%. Серые чугуны перлитного класса модифицируют ферросилицием в количестве 0,1...0,3% от массы чугуна. Для увеличения жидкотекучести при

тонкостенном литье содержание фосфора увеличивают до 0,5%. В этом случае может образовываться фосфидная эвтектика, которая увеличивает упругие свойства и износостойкость чугуна. Серые чугуны являются основным литейным сплавом в машиностроении.

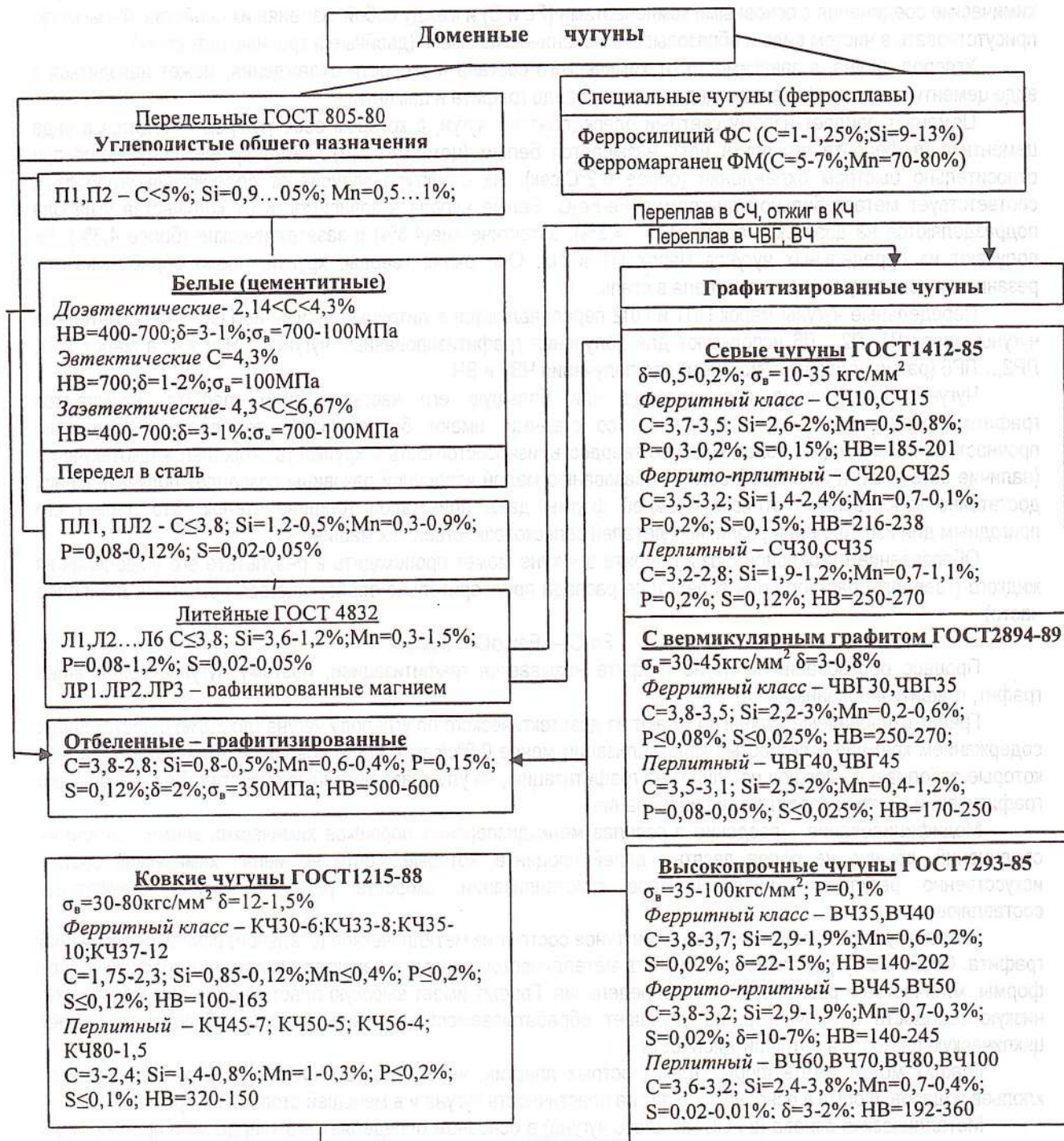


Рис. 1. Классификация углеродистых чугунов

Чугуны с вермикулярным (червеобразным) графитом (ЧВГ) по ГОСТ 28394-89 должны содержать не менее 60% вермикулярного и не более 40% шаровидного графита. Эти чугуны получают при модифицировании с недостаточным содержанием магния и РЗМ. Предусмотрено четыре марки: ЧВГ30, ЧВГ35, ЧВГ40, ЧВГ45. Твердость 130...250НВ. Относительное удлинение от 3 до 0,8%. Хорошие теплофизические свойства.

Высокопрочные чугуны с шаровидным графитом (ВЧ) получают при модификации жидкого чугуна модификатором на основе магния (0,03...0,08% от массы отливки), что позволяет получить графит глобулярной формы. ГОСТ 7293-85 содержит восемь марок высокопрочных чугунов: ВЧ35, ВЧ40, ВЧ45, ВЧ50, ВЧ60, ВЧ70, ВЧ80 и ВЧ100. Твердость 140-360НВ. Относительное удлинение от 22 до 2%.

Ковкие чугуны с хлопьевидным графитом (КЧ) Ковкие – условное название более пластичных и вязких чугунов, по сравнению с белыми и наиболее применяемыми серыми, получаемых графитизированным отжигом отливок из белого доэвтектического чугуна определенного химического состава. Белый чугун для получения ковкого чугуна ферритного класса модифицируют алюминием для ускорения отжига, измельчения хлопьев графита и улучшения механических свойств. ГОСТ 1215-85 нормирует одиннадцать марок ковкого чугуна: КЧ30-6...КЧ37-12; КЧ45-7...КЧ80-1,5. Твердость 100...163, 150...320НВ.

Отбеленные графитизированные чугуны. В них поверхностные слои на глубину 12...30 мм состоят из белого доэвтектического чугуна, а сердцевина из серого или высокопрочного чугуна. Отбел можно получить быстрым охлаждением поверхности и медленным сердцевины. Для большей глубины отбела используют чугун с пониженным содержанием кремния (2,8...3,6% С; 0,5...0,8 Si; 0,4...0,6 Mn). Отбеленные чугуны имеют высокую твердость поверхности (500...600НВ) и износостойкость.

Основные технологические и эксплуатационные свойства углеродистых чугунов можно представить таблицей 1.

Таблица 1

Основные технологические и эксплуатационные свойства углеродистых чугунов

Тип чугуна	Обрабатываемость резанием	Свариваемость	Износостойкость
СЧ	Хорошая	Вполне удовл.	Удовлетворительная
Модифицированный СЧ	Хорошая	Удовл	Вполне удовл.
ЧВГ	Хорошая	Вполне удовл	Хорошая
ВЧ	Вполне удовл.	Удовл.	Вполне хорошая
КЧ	Хорошая	Плохая	Вполне удовл.
Отбеленный белый	Очень плохая	Не сваривается	Высокая при больших удельных давлениях со смазкой и без неё

Подводя итоги вышеизложенному, предлагается обобщенная классификация углеродистых чугунов (рис.1).

Библиографический список

1. Болховитинов, Н.Ф. Металловедение и термическая обработка. - М.: Машиностроение, 1965. – 503 с.
2. Гуляев, А.П. Металловедение. – М.: Металлургия, 1986. – 542 с.
3. Кондратьев, Е.Т. Технология конструкционных материалов и материаловедение. - М.: Колос, 1992. – 320 с.
4. Лахтин, Ю.М. Металловедение. - М.: Машиностроение, 1993. – 448 с.
5. Матовилин, Г.В., Автомобильные материалы: справочник. / Г.В. Матовилин, М.А. Масино, О.М. Суворов - М.: Транспорт, 1989. – 464 с.
6. Фетисов, Г.П. Материаловедение и технология металлов. – М.: Высшая школа, 2002. – 638 с.

УДК 669.01.

Черкашин Н.А., Шигаева В.В.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ ПРИМЕНЯЕМЫХ В МАШИНОСТРОЕНИЕ

В статье приводится классификация методов упрочнения применяемых в машиностроении, сущность процессов раскатки и дорнования, рекомендации по применению.

Значительный эффект повышения долговечности деталей работающих в условиях циклических нагрузок и имеющих концентраторы напряжений, места тугих посадок, а также работающих в коррозионных средах, достигается в результате поверхностного наклепа.

При пластической деформации поверхностные слои металла увеличиваются в объеме, однако этому препятствуют недеформируемые нижележащие слои. В результате взаимодействия сил, действующих в поверхностных слоях и середине детали, поверхностные слои оказываются под действием остаточных напряжений сжатия, а ниже лежащие – под действием растягивающих остаточных напряжений.

В результате наклепа повышаются все характеристики сопротивления металла деформации. Интенсивность наклепа, зависит от твердости стали. У незакаленных сталей прирост твердости более 100%, а у закаленных 10...15%. Прирост твердости, определяется структурой деформируемой стали. Наибольшее повышение твердости наблюдается в сталях со структурой феррита, аустенита, мартенсита (рис.1), наименьшее – со структурой перлита и сорбита.

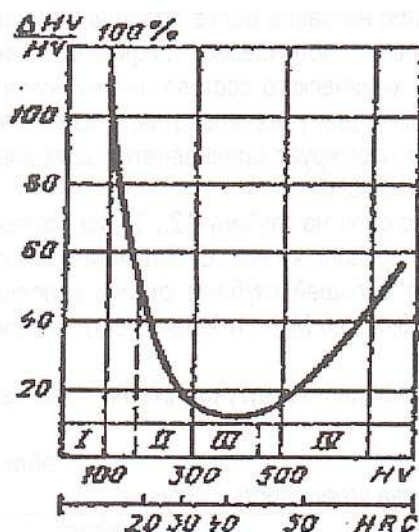


Рис. 1. Относительное увеличение твердости углеродистых и легированных сталей при пластическом деформировании в различных структурных состояниях при степени деформации $d/D = 0,5$: I — феррит и феррит-ф-перлит; II — перлит; III — сорбит; IV — троостит и мартенсит

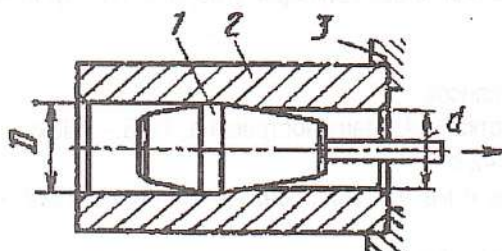


Рис. 4. Схема обработки дорнованием: 1 — дорн; 2 — обрабатываемая деталь; 3 — упорная плита станка

HRC=60...63.

Относительная скорость раскатки ограничивается нагревом инструмента и колеблется 20...150 м/мин, величина подачи 0,1...2,7 мм, число проходов не более 2.

Необходимое расчетное усилие определяется зависимостью (1) и (2) для раскатки шариком и роликом соответственно

$$P = \left[\frac{D \cdot q}{0,54 \cdot E(D/d - 1)} \right]^2 \cdot q; \quad (1)$$

$$P = \frac{DBq^2}{0,18E(D/d - 1)}, \quad (2)$$

где B — ширина ролика; D — диаметр детали; d — диаметр рабочего органа; q — удельная нагрузка; E — модуль упругости; l — длина контакта.

Применение раскатки целесообразно во всех видах производств т.к. наряду с упрочнением детали точность обработки и шероховатость достигаются при меньших затратах, чем при других видах обработки. Раскатку шариками и роликами успешно применяют для обработки корпусов различных гидро- и пневмоцилиндров, цилиндров дизелей, труб и других деталей.

Сущность процесса дорнования состоит в протягивании шарика или дорна через отверстие, диаметр которого несколько меньше диаметра инструмента. При протягивании происходит пластическое деформирование стенок отверстия, в результате чего изменяются формы и размеры отверстия, происходит упрочнение поверхностного слоя. С ростом натяга (разность диаметров дорна и отверстия до прошивки)

Разупрочняющее действие концентраторов напряжений в деталях машин, которыми являются отверстия, может быть значительно снижено пластическим деформированием. Отличительной особенностью поверхностного пластического деформирования является то, что при ППД структурных фазовых превращений в металле не происходит, поэтому эффект упрочнения ниже чем при обработках связанных с нагревом. Применяемые методы упрочняющей обработки отверстий основаны на качении деформирующего элемента относительно обрабатываемой поверхности (раскатка) или скольжении инструмента под большим давлением (дорнование). Глубина и степень наклепа, величина остаточных напряжений и шероховатость поверхностей зависят от тех же факторов, что и при накатывании.

Для обработки отверстий применяются в основном, две операции ППД — это раскатка роликами (рис.2) и шариками (рис.3) и и дорнованием (рис.4).

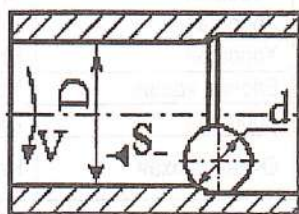


Рис.2 Раскатка роликами

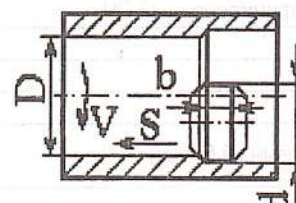


Рис.3 Раскатка шариками

Раскаткой можно обрабатывать отверстия деталей из стали, чугуна и цветных металлов, Диаметром свыше 50 мм. В результате раскатки повышается класс шероховатости и достигается $R_a = 0,32...0,08$, Степень наклепа достигает 50%, а глубина в пределах 2...5 мм. Раскатку применяют после получистового, или чистового растачивания на токарных, расточных, сверлильных станках при помощи специального инструмента — раскатника — роликового или шарикового, однорядного или многорядного. Рабочий орган изготавливают из стали ШХ15 и закаливают до твердости

возрастает твердость наклепанного слоя и класс шероховатости, и диаметр отверстия. Обработка отверстия шариками обеспечивает получение шероховатости поверхности $R_a=0,08$.

При обработке отверстий в деталях из высокопрочных сталей в качестве смазки рекомендуется применять растительные масла, в деталях из углеродистых сталей – инструментальные смазки, в чугунах очищенный глицерин. Скорость дорнования не оказывает влияния на точность и шероховатость обрабатываемых поверхностей. При обработке вязких материалов скорость дорнования 2-5 м/мин, менее пластичных 5...8 м/мин. Необходимое расчетное усилие определяется зависимостью (3):

$$P = 1,2 \cdot q \cdot \pi \cdot D \cdot l \quad (3)$$

Дорнование является высокопроизводительным процессом, обеспечивающим высокое качество обрабатываемых поверхностей и повышения долговечности деталей, работающих при циклическом нагружении в 2 раза.

Библиографический список

1. Методы повышения долговечности деталей машин. Термическая обработка. / В.Н.Ткачев, Б.М. Финштейн, В.Д. Власенко, В.А. Уланов. - М.: Машиностроение, 1971. – 272 с.
2. Таратута, А.И. Прогрессивные методы ремонта машин / А.И. Таратута, А.А.Сверчков – Мн.: Урожай, 1986. – 376 с.

УДК 631. 312. 65

Старцев С.В., Горбань Д.Г.

Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ УЛУЧШЕНИЯ СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ТРАКТОРОВ

Рассмотрены возможности улучшения сцепных качеств тракторов, классифицированные по конструктивным, конструктивно-эксплуатационным и эксплуатационным признакам.

Высокая производительность агрегата достигается на передаче трактора с наибольшей скоростью и максимальной тяговой мощностью. Мощность на крюке прямо пропорциональна усилию на крюке трактора, которое в свою очередь зависит от сцепных свойств трактора [1]. Таким образом, важнейшее условие эффективной работы агрегата – достаточное сцепление движителей трактора с почвой, обеспечиваемое величиной силы сцепления $F_{сц}$.

Наибольшая сила сцепления движителей трактора (самоходной машины) с почвой при допустимом буксовании определяется из выражения:

$$F_{сц} = G_{сц} \mu = G_{тр} \lambda \mu = 10^{-3} m g \lambda \mu, \quad (1)$$

где $G_{сц}$ - сцепной вес трактора, кН; μ - коэффициент сцепления движителей с почвой; $G_{сц}=10^{-3} m g$ - эксплуатационный вес трактора, кН; λ - доля эксплуатационного веса, приходящаяся на ведущие органы (для колесных тракторов с одной ведущей осью $\lambda = 2/3$, для колесных с двумя ведущими осями и гусеничных $\lambda = 1,0$, то есть у этих тракторов $G_{сц} = G_{тр}$).

Увеличить силу сцепления, вытекающую из уравнения (1), возможно несколькими способами, которые подразделим на три классификационных признака – конструктивные, конструктивно-эксплуатационные и эксплуатационные (рис.1). К конструктивным способам улучшения сцепных свойств можно, прежде всего, отнести изменение массы самого трактора. Так, например масса трактора Т-150К (4К4) составляет 7535 кг при эксплуатационной мощности 121, 5 кВт. У трактора Т-151К при той же мощности, масса увеличена до 8200 кг [2]. Гусеничный тип движителя более эффективен перед колесным при выполнении технологических операций на рыхлых почвах. Поэтому в большинстве на весеннем бороновании применяются тракторы типа ДТ-75М, ВТ-100Д, Т-4А. Работа таких тракторов в заболоченных участках требует изменения параметров движителя – ширины гусеницы.

Для улучшения сцепных свойств при трогании с места, особенно с большими нагрузками на крюке, в конструкции трактора смещают центр тяжести. К примеру, центр тяжести у трактора Т-4А сдвинут в горизонтальной плоскости вперед на 0,2 м относительно геометрического центра [2].

Точка прицепа рабочих машин с энергетическим средством, определяемая конструктивными особенностями навески трактора, прицепными механизмами сельскохозяйственной машины, а также углом установки прицепа относительно горизонта влияет на результирующую силу на крюке трактора.

У большинства современных тракторов в качестве улучшения сцепных свойств в передней части навешены балластные грузы. Особенно это заметно у модификаций тракторов с разным количеством ведущих осей. Например, Т-40М (4К2) имеет массу 2380кг, а для увеличения сцепления переднего ведущего моста у Т-40АМ (4К4) масса выросла до 2610 кг [2].

Сила сцепления колесных движителей возрастает при заполнении шин водой, использовании шин низкого давления, установке на колеса металлических почвозацепов различной конструкции, съемных гусениц, уширителей колес. К конструктивно-эксплуатационным способам относится также сдвигание колес, применение третьего присоединяемого ведущего моста в виде тележки с активным приводом колес, называемого технологическим модулем. Использование механического, гидравлического (ГСВ) догружающего устройства, или применение позиционно-силового регулятора (ПСР).

В эксплуатационных условиях нередко при выполнении технологических операций трактор агрегатирует орудие с активными рабочими органами (культиваторы, рыхлители, фрезы и др.), направление вращения которых совпадает с направлением движения агрегата. Возможен дополнительный привод опорных колес с.х. машин. Если заменить прицепные машины-орудия на полунавесные или навесные, часть веса которых передается на трактор, то такая нагрузка воспринимается ведущими звеньями и улучшает их сцепление.

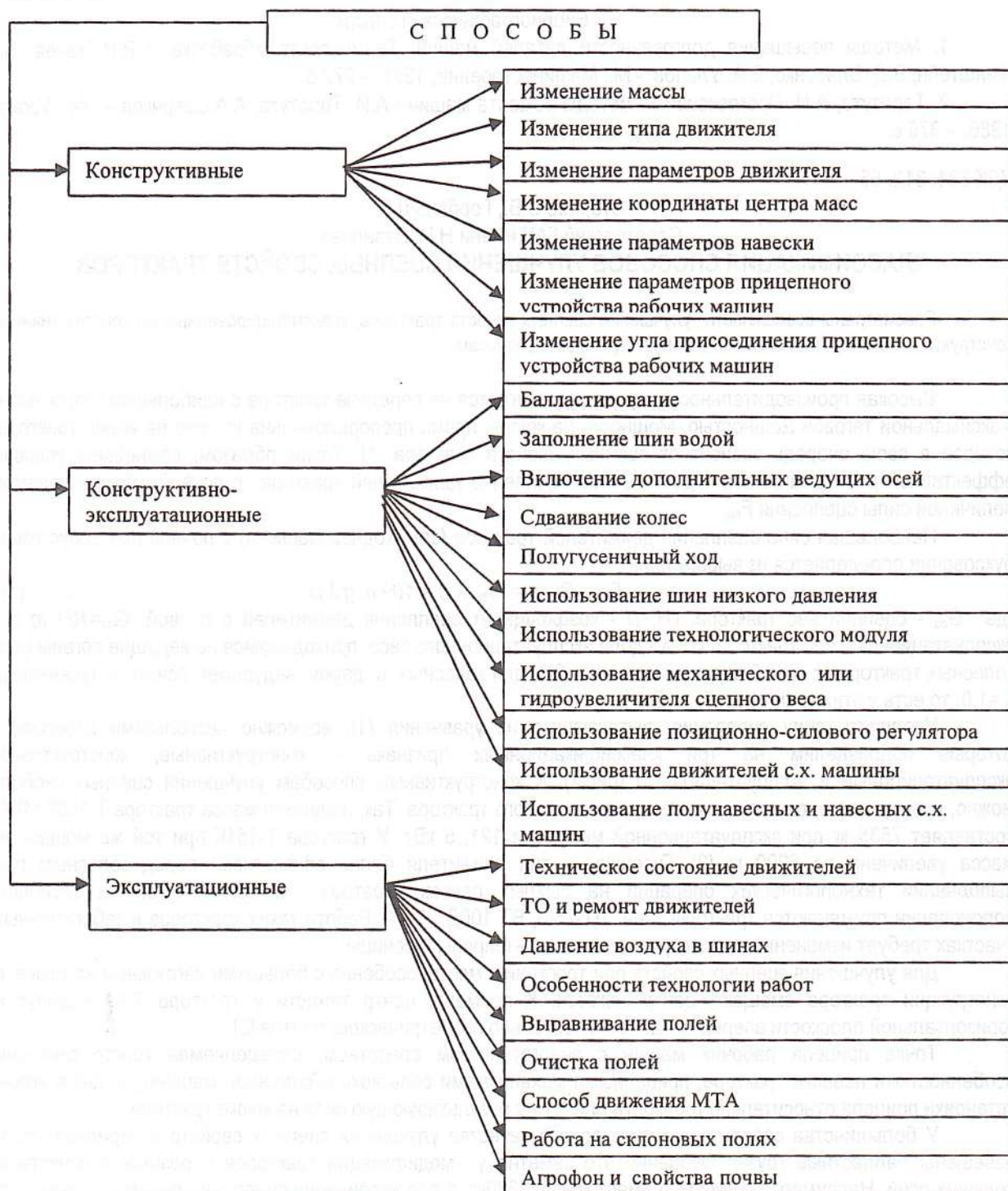


Рис.1. Классификация способов улучшения сцепных свойств

В процессе эксплуатации тракторов повлиять на сцепление можно путем постоянного контроля над техническим состоянием движителей. Своевременное техническое обслуживание, регулировки, текущий ремонт и замена изношенных звеньев и пальцев гусениц. Замена изношенных покрышек, правильное поддержание необходимого давления воздуха в шинах колесных тракторов.

Улучшить сцепные свойства тракторов в полевых условиях эксплуатации агрегатов можно путем тщательной подготовки рабочих участков. Выполнение комплекса предварительных мероприятий по выравниванию полей, очистке загонов от пожнивных остатков, препятствий, скашивание и удаление сорной растительности перед механизированной обработкой залежных земель. Особенности проведения технологических операций, в частности отвальной обработки почвы, предполагает ведение некоторых тракторов, у которых правая сторона колес перемещается в открытой борозде, а левая по непаханой стерневой почве. В таком случае сцепные свойства движителей относительно трактора будут разными [3]. Правильный выбор направления движения МТА, особенно на склоновых полях, выполнение полевых работ при требуемой влажности почвы сильно влияет на сцепные свойства трактора. В качестве примера можно привести уборку подсолнечника самоходными комбайнами, нередко выполняемую при высокой влажности окружающего воздуха и почвы, приводящую к большим затратам на буксование и самопередвижение агрегата.

Рассмотренная классификация улучшения сцепных свойств трактора содержит достаточный комплекс мероприятий, позволяющий сделать выбор рационального направления совершенствования современных энергонасыщенных тракторов в составе машинно-тракторных агрегатов, для достижения наивысших показателей их работы.

Библиографический список

1. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А.Иофинов, Г.П. Лышко; 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1984. - 351 с.
2. Плаксин А.М. Энергетика мобильных агрегатов в растениеводстве. - Челябинск: ЧГАУ, 2005. - 204 с.
3. Регулировка пахотных агрегатов и проведение пахоты: Альбом – справочник. - М.: Россельхозиздат, 1975. - 143 с.

УДК 631.312.65

Старцев С.В., Лысенков Д.И.

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

КОЭФФИЦИЕНТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРАЩЕНИЯ ТЯГОВОЙ МОЩНОСТИ ТРАКТОРА

Рассмотрена потенциальная характеристика трактора с точки зрения интенсивности изменения тяговой мощности на отдельных участках загрузки по усилию на крюке.

Оптимальное комплектование и рациональный режим работы агрегатов, соответствующие максимальному значению тягового КПД, позволяют получить наивысшие эксплуатационные показатели МТА. Высокая производительность агрегата достигается на передаче трактора с наибольшей скоростью и максимальной тяговой мощностью, которая в свою очередь прямо пропорциональна усилию на крюке трактора [1]. Рассмотрим потенциальную характеристику трактора ВТ-100Д (Рис.1). Величина дуги от точки $N_{кр\max}$ влево на $P_{орт}$, характеризует эффективную загрузку трактора по тяговой мощности. Диапазон эффективной его загрузки по тяговому усилию соответствует участку $P_{орт} = \Delta P_{кр} = P_{кр\max} - P_{кр\min} = 35 - 25 = 10 \text{ кН}$. Тяговая мощность при этом изменяется на величину $\Delta N_{кр} = N_{кр\max} - N_{кр\min} = 70 - 60 = 10 \text{ кВт}$. Интенсивность изменения тяговой мощности на отдельном отрезке $\Delta P_{кр1}$ характеризуется:

$$\operatorname{tg} \alpha_{N1} = \Delta N_{кр1} / \Delta P_{кр1} \quad (1)$$

Очевидно, что каждая касательная, проведенная в любой точке на зависимости $N_{кр} = f(P_{кр})$ будет наклонена на разный угол α_N . Таким образом, каждому потенциальному участку $\Delta P_{кр1}$ будет соответствовать разная интенсивность приращения тяговой мощности $\Delta N_{кр1}$. Так на участке $\Delta P_{кр1}$ приращение тягового усилия трактора равно: $\Delta P_{кр1} = P_{кр1} - P_{кр\min} = 28 - 25 = 3 \text{ кН}$. На этом же участке приращение тяговой мощности составит: $\Delta N_{кр1} = N_{кр1} - N_{кр\min} = 65 - 60 = 5 \text{ кВт}$. На другом участке $\Delta P_{кр2}$ приращение тягового усилия трактора будет равно: $\Delta P_{кр2} = P_{кр2} - P_{кр\min} = 31 - 25 = 6 \text{ кН}$. Приращение тяговой мощности здесь составит: $\Delta N_{кр2} = N_{кр2} - N_{кр\min} = 66 - 60 = 6 \text{ кВт}$. Для анализа эксплуатационных параметров трактора ВТ-100Д подсчитаем процентное соотношение величин (ПР и ПН) на участках $\Delta P_{кр1}$ и $\Delta P_{кр2}$:

$$\begin{aligned} \text{ПР}_1 &= 3 \cdot 100\% / 35 = 8,6\%; & \text{ПН}_1 &= 5 \cdot 100\% / 70 = 7,1\%; \\ \text{ПР}_2 &= 6 \cdot 100\% / 35 = 17,1\%; & \text{ПН}_2 &= 6 \cdot 100\% / 70 = 8,6\%. \end{aligned}$$

Из расчетов видно, что с увеличением приращения тягового усилия, увеличение приращения потенциальной характеристики тяговой мощности произошло непропорционально. Следовательно, интенсивность приращения тяговой мощности ниже интенсивности приращения тягового усилия.

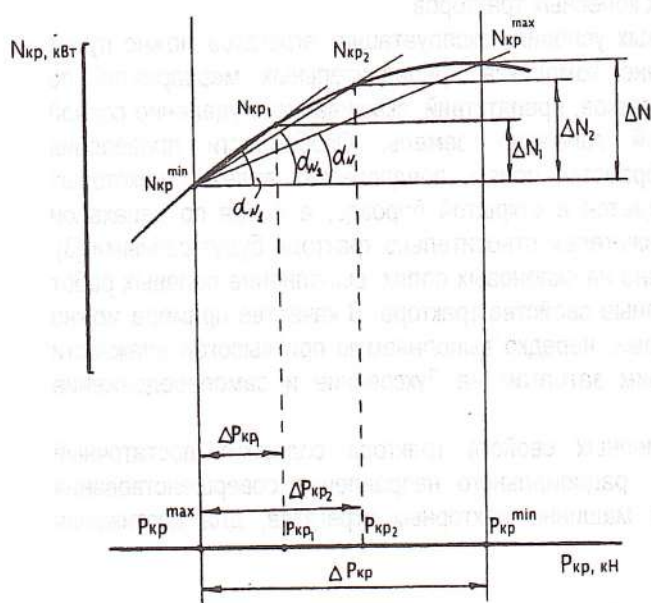


Рис.1. Приращение тяговой мощности трактора в функции тягового усилия на крюке

показателей работы МТА.

Проверку теоретических исследований выполнили по номограмме (рис.2) [2] определения состава пахотного агрегата и его эксплуатационных показателей с использованием результатов экспериментальных исследований агрегата ВТ-100Д + ПБ-5 на Северо-Кавказской МИС. Отметим на шкале значений ширины захвата номограммы диапазон изменения рабочей ширины захвата плуга-рыхлителя ПБ-5. Он составляет согласно технической характеристике от 1,75 до 2,75 м. Сплошными линиями, проведенными из этих точек, ограничили теоретический диапазон эксплуатационных показателей агрегата. Пунктирными линиями

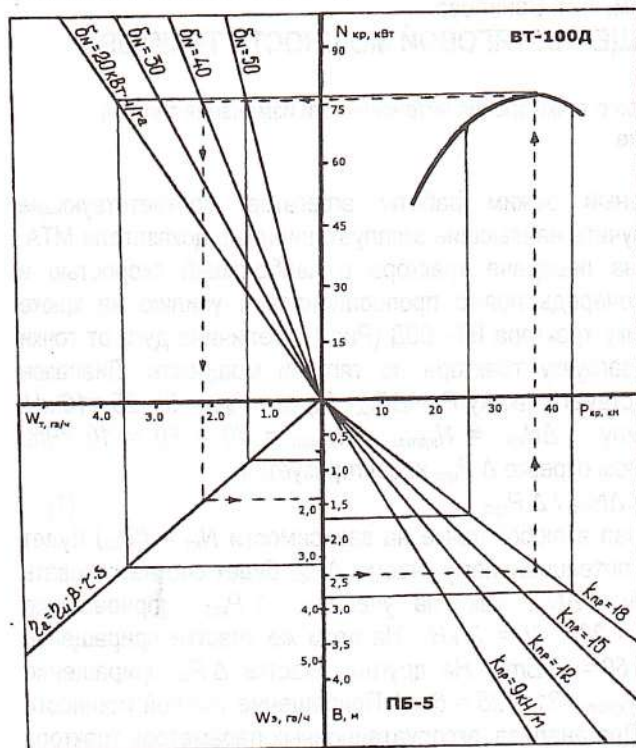


Рис.2. Номограмма определения эксплуатационных показателей пахотного агрегата

Сегодня, в зависимости от комплектации, на тракторе одной модификации, одного тягового класса устанавливаются различные по мощности типы двигателей. Следовательно, эксплуатационные показатели однотипных машинно-тракторных агрегатов будут различными. Оценить такое изменение предлагается, учитывая в расчетах эксплуатационных показателей функционирования агрегатов коэффициент использования приращения тяговой мощности трактора ζ . Последний отражает отношение величины приращения тяговой мощности на фактическом участке загрузки трактора ΔN_n к величине приращения тяговой мощности на всем участке ΔN эффективной загрузки трактора:

$$\zeta = \Delta N_n / \Delta N. \quad (2)$$

Используя приращение тяговой мощности двигателя в граничных значениях эффективной загрузки по усилию на крюке трактора, представляется возможным теоретически приблизиться к эксплуатационным значениям

отметили полученные результаты экспериментальных исследований. Из условий исследований известно [3], что пахота велась предкавказского чернозёма с удельным сопротивлением $64,7 \text{ кН/м}^2$ на глубину $a = 0,26 \text{ м}$. Следовательно, сопротивление плуга-рыхлителя на 1 м захвата $k_{пр} = k_0 \cdot a = 64,7 \cdot 0,26 = 16,8 \text{ кН/м}$. Находим точку на оси ординат соответствующую ширине захвата ПБ-5 $B = 2,5 \text{ м}$. От неё ведём вправо прямую параллельную оси абсцисс до пересечения с $k_{пр} = 16,8 \text{ кН/м}$. Эта точка находится между лучами $k_{пр} = 15$ и $k_{пр} = 18 \text{ кН/м}$. Проведённый вверх перпендикуляр укажет на тяговую загрузку трактора ВТ-100Д $P_{кр} = 36 \text{ кН}$ и необходимую для её преодоления тяговую мощность - $N_{кр} = 76 \text{ кВт}$. Далее определим коэффициент $\delta_w = P_{кр} / 0,36 B = 36 / 0,36 \cdot 2,5 = 40 \text{ кВт ч/га}$. Из точки на потенциальной характеристике $N_{кр} = 76 \text{ кВт}$ ведём вправо горизонталь до пересечения с лучом $\delta_w = 40 \text{ кВт ч/га}$ и опускаем перпендикуляр на шкалу теоретической производительности агрегата. Величина составит $W_m = 2,2 \text{ га/ч}$. Продолжение

перпендикуляра до пересечения с лучом КПД агрегата укажет точку, от которой окончательно проведённая вправо горизонталь укажет значение эксплуатационной производительности $W_3 = 1,9 \text{ га/ч}$, рассчитанное с учетом коэффициента использования приращения тяговой мощности трактора ζ .

Библиографический список

1. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А.Иофинов, Г.П. Лышко; 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1984. - 351 с.
2. Старцев С.В. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов путем улучшения их эксплуатационно-технологических параметров: Автореферат дис.... д-ра техн. наук. - Саратов, 2004. - 40 с.
3. Протокол № 11 – 24 – 00 (1010312) приёмочных испытаний плуга-рыхлителя ПБ-5 / Северо-Кавказская МИС. – Зерноград, 2000. – 62 с.

УДК 573.6:537.8

Нижарадзе Т. С., Фирсов А. В.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИООБЪЕКТЫ

Среди всего спектра электромагнитного излучения радиоволнового диапазона выраженным биологическим действием обладают сверхвысокочастотные электромагнитные поля. Микроволны вызывают в биологических объектах как тепловые, так и нетепловые, например резонансные, эффекты, наблюдаемые экспериментально не только на фоне общего повышения температуры облучаемого объекта, но и без существенного нагрева. Биологическое действие низкоинтенсивного СВЧ-излучения отчетливо выражено на клеточном и организменном уровнях.

Электромагнитные волны, обладая широким диапазоном частот (или длин волн), отличаются друг от друга по способам их генерации и регистрации, а также по своим свойствам, поэтому они делятся на несколько типов: радиоволны, световые волны, рентгеновское и γ -излучение. Следует отметить, что границы между различными типами электромагнитных волн довольно условны. Каждому типу электромагнитного излучения соответствует конкретный диапазон волн и определенная полоса частот. Так, например, радиоволновому излучению соответствуют частоты от $\nu = 3 \text{ Гц}$ до $\nu = 3 \cdot 10^{12} \text{ Гц}$ (длина волны от $\lambda = 10^8 \text{ м}$ до $\lambda = 10^{-4} \text{ м}$). В свою очередь радиоволновое излучение можно разделить на несколько видов: крайне низкочастотное, сверхнизкочастотное, инфранизкочастотное, очень низкочастотное, низкочастотное, среднечастотное, высокочастотное, очень высокочастотное, ультравысокочастотное, сверхвысокочастотное, крайне высокочастотное и децимиллиметровое.

Среди всего спектра электромагнитного излучения радиоволнового диапазона выраженным биологическим действием обладают сверхвысокочастотные (СВЧ) электромагнитные поля или микроволны, к которым практически относят весь диапазон волн, занимающий промежуточное положение между ультравысокочастотным и оптическим. Им соответствует частота колебаний от $3 \cdot 10^9$ до $3 \cdot 10^{11} \text{ Гц}$. Именно в этом диапазоне выделяют непосредственно сверхвысокочастотное ($\nu = 3 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{10} \text{ Гц}$) и крайневисоко-частотное (КВЧ) ($\nu = 3 \cdot 10^{10} - 3 \cdot 10^{11} \text{ Гц}$) излучение.

Любые физические воздействия на биообъекты, в частности на семена, вызывают изменения какого либо из параметров их биологической характеристики. В основе их влияния лежит реакция на внешний раздражитель, который вызывает индукционный эффект, наблюдаемый после снятия раздражения. В системе семени происходят процессы, направленные на ослабление эффекта воздействия. При прорастании происходит смещение равновесия, при котором физические воздействия обеспечивают приращение энергии. В результате использования этой энергии усиливается воздухопроницаемость семенной оболочки, начинается более усиленное набухание семян и поглощение ими воды, разрастание меристем эмбриональной части, происходит активация ферментов, катализирующих разложение запасных веществ, необходимых зародышу.

В зависимости от дозы обработки ферментативные реакции могут вызывать стимулирующее или ингибирующее действие. Стимулирующие дозы вызывают активацию ростовых процессов, изменение физико-химического состояния клеток, темпов дыхания и других метаболических реакций. Повышенные дозы вызывают нарушения внутриклеточных структур, что требует определенных затрат на их восстановление (2). При этом наиболее хорошо изучен «тепловой эффект» микроволн, связанный с повышением температуры облучаемой ткани. Наряду с тепловым, микроволны вызывают в биологических объектах и нетепловые, например резонансные, эффекты, наблюдаемые экспериментально не только на фоне общего повышения температуры облучаемого объекта, но и без существенного нагрева (в случае низкоинтенсивных полей).

В диапазоне крайневисоких частот (КВЧ) основное количество тепла выделяется в поверхностном слое, толщина которого во много раз меньше размеров исследуемого объекта. Ввиду малой проникающей способности миллиметровых волн тепловые эффекты в этом диапазоне опосредованы процессами конвекции в поверхностном слое облучаемого объекта (1).

Наиболее наглядно нетепловое действие микроволн проявляется на организменном и частично клеточном уровнях. Это объясняется тем, что действие электромагнитного поля на живую ткань носит не только энергетический, но и информационный характер.

Реакцию клетки на внешнее физическое воздействие: ионизирующую радиацию, ультрафиолетовый и видимый свет, инфракрасное излучение, радиочастотное излучение, ультразвуковые и звуковые колебания определяет в основном мембранная система.

В отечественной и зарубежной литературе описан ряд основных экспериментально установленных закономерностей и особенностей биологического воздействия электромагнитного излучения СВЧ диапазона нетепловой интенсивности на живые организмы:

- 1) биологические эффекты практически не зависят от интенсивности электромагнитного излучения;
- 2) характерной особенностью воздействия электромагнитного излучения на живые организмы является его «резонансный» характер – биологический эффект наблюдается в узких интервалах частот электромагнитного излучения;
- 3) в ряде случаев воздействие электромагнитного излучения непосредственно не проявляется, но сказывается на чувствительности организма к какому-либо иному фактору (химическим препаратам, ионизирующим излучениям и др.), причем эти воздействия могут быть разнесены во времени.

Биологическое действие низкоинтенсивного СВЧ-излучения, как правило, отчетливо выражено не на молекулярном, а на клеточном и организменном уровнях, т. е. проявляется на надмолекулярном уровне организации биосистем. Зависимость чувствительности биосистем к внешнему полю от уровня организации связана с наличием информационного типа взаимодействия электромагнитного излучения с живыми организмами (3). Предполагают, что в основе информационного влияния микроволн лежит синхронизация во внешнем поле колебаний осцилляторов, существующих в биообъекте.

Действие внешнего электромагнитного излучения связано не с возбуждением автоколебаний в биоструктурах, а с изменением тех или иных характеристик уже существующих в живом организме автоколебаний, в частности, с изменением их спектра.

Таким образом, используя СВЧ-излучение сантиметрового и миллиметрового диапазона можно воздействовать на энергетические и информационные процессы жизнедеятельности семян и растений, целенаправленно управляя их продуктивностью; затрагивая генетическую систему организма, можно индуцировать полезные мутации для селекционных целей.

Библиографический список

1. Казаринов К. Д. Биологические эффекты КВЧ-излучения низкой интенсивности. Итоги науки и техники. // Биофизика. – 1990. – Т. 27. – №3. – С. 4-9.
2. Костин В. И. Влияние обработки семян физическими и химическими факторами на физиологические процессы, урожайности и качество сельскохозяйственных растений: Дисс... д.с.–х.н. в форме научн. докл. – Кинель, 1999. – 86 с.
3. Петров И. Ю. Микроволновое излучение как возможный инструмент для сельскохозяйственных технологий повышения урожайности. // Тез. докл. Всесоюз. семинар «Новые применения миллиметровых волн в народном хозяйстве». – Саратов, 1991. – С. 45-49.

УДК 536.2:517.972.5

Долгоруков Н.В.

ВАРИАЦИОННОЕ ОПИСАНИЕ НЕОБРАТИМЫХ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОМАССООБМЕНА

Представлен вариационный принцип позволяющий формулировать математическую модель процессов тепло- и массопереноса в виде необходимого условия экстремума функционала. Интегральная форма принципа позволяет применить прямые методы, как по пространственным переменным, так и по времени.

Основными достоинствами вариационного описания необратимых процессов тепломассообмена являются:

- высокая степень общности физического содержания вариационных принципов, поскольку они выражают основополагающие физические законы, а дифференциальные уравнения процессов тепло- и массопереноса и краевые условия могут быть получены из вариационных принципов;
- возможность применения прямых методов для решения наиболее сложных (нелинейных, нестационарных, многомерных) задач;
- широкий диапазон вида искомых зависимостей: аналитических, приближенных аналитических, численных (сеточных и сплайновых);
- возможность получить грубые и более точные приближения к решению, что особенно важно в инженерных расчетах, причем для выбора пробного решения может быть использована самая разнообразная информация о процессе, включая эмпирические данные или решения более простых задач данного класса;
- использование экстремальных значений функционалов вариационных принципов для получения интегральных оценок точности приближенных решений.

В основу вариационных принципов неравновесных процессов положены различные физические идеи и законы. Как известно, физическое содержание вариационных принципов Онсагера, Пригожина, Бю и Дьярмати [1] связано со вторым началом термодинамики. Однако эти вариационные формулировки не позволяют в полной мере реализовать достоинства прямых методов решения задач тепло- и массопереноса. Принципиально иной подход к вариационной формулировке необратимых процессов был впервые опубликован в работах [2], [3], а затем систематически изложен в монографии [4]. Обоснований В.В. Чиковани вариационный принцип имеет интегральную форму, как по пространственным переменным, так и по времени, что обеспечивает применение прямых методов по всем переменным.

Математическая формулировка этого принципа имеет вид:

$$\delta \cdot Q = \delta \int_{1-2} \vec{P} d\vec{r} = \delta \int_{1-2} \sum_{n=1}^N P_n(x_1, x_2, \dots, x_n) dx_n = 0 \quad (1)$$

где Q – количество теплоты, участвующей в необратимом процессе;

$\vec{P}$ – вектор в N -мерном пространстве макрофизических параметров состояния $x_n (n=1, \dots, N)$, характеризующий процесс взаимодействия макросистемы с внешней средой;

$d\vec{r}$ – дифференциал радиуса – вектора в том же пространстве.

Физически это означает, что необратимые процессы осуществляются таким образом, что функционал пфафтовой формы в пространстве макрофизических параметров состояния макросистемы, которым описывается количество теплоты, участвующей в процессе, приобретает стационарное значение.

Первым следствием вариационного принципа (1) являются аналитические выражения закона сохранения энергии для систем переменного состава. Вторым следствием является наличие интегрирующего делителя для элементарного количества теплоты:

$$Z = cMT,$$

где c – константа; M – масса системы; T – абсолютная температура.

Таким образом, из (1) следует и второй закон термодинамики.

Главная трудность реализации вариационного метода в задачах тепломассообмена заключается в получении вариационной математической модели неравновесного процесса и его условий однозначности. Характерная черта вариационного принципа (1), свидетельствующая о его большой общности, заключается в том, что интегральная форма принципа включает в себе не только законы переноса, но и условия взаимодействия макросистемы с внешней средой на контрольной поверхности, и что особенно важно начальное и конечное состояние системы.

Библиографический список

1. Дьярмати И. Неравновесная термодинамика. Теория поля и вариационные принципы. - М.: Мир, 1974. - 304 с.
2. Чиковани В.В., Долгоруков Н.В. Об одном вариационном принципе для процессов теплопроводности // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. - 1984. - №2. - С. 160-165.
3. Чиковани В.В., Долгоруков Н.В. Вариационный принцип для нелинейных задач теплопроводности // Изв. АН СССР: Энергетика и транспорт. - 1986. - №1. - С. 136-141.
4. Чиковани В.В., Долгоруков Н.В. Вариационные принципы и методы решения задач тепломассообмена. - СПб.: Гидрометеиздат, 1992. - 152 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

УДК 631.431

Савельев Ю.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УМЕНЬШЕНИЯ ГЛУБИНЫ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ

Рассмотрен процесс взаимодействия колеса с почвой с использованием демпфирующего слоя, уменьшающего глубину уплотнения.

С целью уменьшения глубины уплотнения почвенного горизонта ходовыми системами сельскохозяйственной техники разработан способ. Суть способа состоит в создании перед ходовой системой разрыхленного на определённую глубину слоя почвы, обеспечивающего демпфирование и уменьшение уплотнения более глубоких слоёв.

Для оптимизации данного процесса рассмотрим почвенный горизонт как двухмассовую систему с двумя степенями свободы. Рассматривается участок почвы ограниченный площадью контакта колеса или гусеницы. Допустим, что верхний разрыхленный слой почвы и нижележащий слой почвы не изменяют свои свойства по глубине.

Используя уравнение Лагранжа второго рода с возмущающей силой [1; 2], составим дифференциальное уравнение движения рассматриваемой системы.

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dT}{dh_i} \right) + \frac{d\Pi}{dh_i} + \frac{dD}{dh_i} = Q(t) \quad (1)$$

Определим выражение кинематической, потенциальной и диссипативной энергии системы:

$$T = \frac{1}{2} \cdot m_1 \cdot \dot{h}_1^2 + \frac{1}{2} \cdot m_2 \cdot \dot{h}_2^2;$$

$$\Pi = \frac{1}{2} \cdot E_1 \cdot g \cdot S \cdot h_1^2 + \frac{1}{2} \cdot E_2 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1)^2;$$

$$D = \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{01}}{t} \cdot S \cdot \dot{h}_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_{02}}{t} \cdot S \cdot (\dot{h}_2 - \dot{h}_1)^2.$$

где T - кинематическая энергия; Π - потенциальная энергия; D - диссипативная функция; m_1, m_2 - масса рассматриваемых слоев почвы; h_1, h_2 - координаты поверхностей слоев почвы; E_1, E_2 - модули объёмной деформации почвы; g - ускорение свободного падения; S - площадь контакта колеса с почвой; σ_{01}, σ_{02} - нормальные давления на поверхности слоёв почвы.

Возмущающая сила $Q(t)$ может быть представлена:

$$Q(t) = G_0 \cdot S \cdot a_{xc} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0),$$

где G_0 - контактное давление под колёсами трактора; S - площадь контакта; a_{xc} - длина площади контакта; φ_0 - начальный угол поворота колеса.

Продифференцируем выражение энергий по обобщенным координатам h_1 и h_2 и подставим в выражение (1):

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{dT}{dh_1} \right) = m_1 \cdot \ddot{h}_1;$$

$$\frac{d}{dt} \cdot \left(\frac{dT}{dh_2} \right) = m_2 \cdot \ddot{h}_2;$$

$$\frac{d\Pi}{dh_1} = E_1 \cdot g \cdot S \cdot h_1 + E_2 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1);$$

$$\frac{d\Pi}{dh_2} = E_2 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1);$$

$$\frac{dD}{dh_1} = \frac{\sigma_{01}}{t} \cdot S \cdot \dot{h}_1 + \frac{\sigma_{02}}{t} \cdot S \cdot (\dot{h}_2 - \dot{h}_1);$$

$$\frac{dD}{dh_2} = \frac{\sigma_{02}}{t} \cdot S \cdot (\dot{h}_2 - \dot{h}_1);$$

$$\begin{cases} m_1 \cdot \ddot{h}_1 + \frac{\sigma_{01}}{t} \cdot S \cdot \dot{h}_1 + \frac{\sigma_{02}}{t} \cdot S \cdot (\dot{h}_2 - \dot{h}_1) + E_1 \cdot g \cdot S \cdot h_1 + E_2 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1) = \sigma_{01} \cdot S \cdot a_{xc} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0); \\ m_2 \cdot \ddot{h}_2 + \frac{\sigma_{02}}{t} \cdot S \cdot (\dot{h}_2 - \dot{h}_1) + E_2 \cdot g \cdot S \cdot (h_2 - h_1) = \sigma_{02} \cdot S \cdot a_{xc} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0). \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 \ddot{h}_1 + \frac{\sigma_{01}}{t} S \dot{h}_1 + \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_2 - \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_1 + E_1 q S h_1 + E_2 q S h_2 - \\ - E_2 q S h_1 = \sigma_{01} S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ m_2 \ddot{h}_2 + \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_2 - \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_1 + E_2 q S h_2 - E_2 q S h_1 = \sigma_{02} S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

$$\begin{cases} m_1 \ddot{h}_1 + \frac{1}{t} S \dot{h}_1 (\sigma_{01} - \sigma_{02}) + q S h_1 (E_1 - E_2) + \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_2 + E_2 q S h_2 = \sigma_{01} S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ m_2 \ddot{h}_2 + \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_2 + E_2 q S h_2 - \frac{\sigma_{02}}{t} S \dot{h}_1 - E_2 q S h_1 = \sigma_{02} S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

делим первое и второе уравнение системы соответственно на m_1 и m_2

$$\begin{cases} \ddot{h}_1 + \frac{S}{m_1 t} \dot{h}_1 (\sigma_{01} - \sigma_{02}) + \frac{q S}{m_1} h_1 (E_1 - E_2) + \frac{\sigma_{02} S}{m_1 t} \dot{h}_2 + \frac{E_2 q S}{m_1} h_2 = \frac{\sigma_{01} S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ \ddot{h}_2 + \frac{\sigma_{02} S}{m_2 t} \dot{h}_2 + \frac{E_2 q S}{m_2} h_2 - \frac{\sigma_{02} S}{m_2 t} \dot{h}_1 - \frac{E_2 q S}{m_2} h_1 = \frac{\sigma_{02} S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

Вводим новые переменные и получим соответствующую систему:

$$\frac{\sigma_{02} S}{m_2 t} = \eta; \quad \frac{E_2 q S}{m_2} = \zeta; \quad \frac{S(\sigma_{01} - \sigma_{02})}{m_1 t} = \mu; \quad \frac{q S (E_1 - E_2)}{m_1} = \theta,$$

$$\begin{cases} \ddot{h}_2 + \eta \cdot \dot{h}_2 + \zeta \cdot h_2 = \eta \cdot \dot{h}_1 + \zeta \cdot h_1 + \frac{\sigma_{02} S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ \ddot{h}_1 + \mu \dot{h}_1 + \theta \cdot h_1 + \eta \frac{m_2}{m_1} \dot{h}_2 + \zeta \frac{m_2}{m_1} h_2 = \frac{\sigma_{01} S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

или

$$\begin{cases} (\ddot{h}_1 + \mu \cdot \dot{h}_1 + \theta \cdot h_1) + (\eta \frac{m_2}{m_1} \dot{h}_2 + \zeta \frac{m_2}{m_1} h_2) = \frac{\sigma_{01} S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ (\ddot{h}_2 + \eta \cdot \dot{h}_2 + \zeta \cdot h_2) + (-\eta \cdot \dot{h}_1 + \zeta \cdot h_1) = \frac{\sigma_{01} S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

Выполним преобразование Лапласа:

$$\begin{cases} (p^2 + \mu \cdot p + \theta)Y_1(p) + (\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})Y_2(p) = \frac{\sigma_{01}S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \\ (p^2 + \eta \cdot p + \zeta)Y_2(p) + (-\eta \cdot p - \zeta)Y_1(p) = \frac{\sigma_{02}S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \end{cases}$$

Решим систему методом Крамера:

$$\Delta = \begin{vmatrix} p^2 + \mu \cdot p + \theta & \eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1} \\ -(\eta \cdot p + \zeta) & p^2 + \eta \cdot p + \zeta \end{vmatrix} = (p^2 + \mu \cdot p + \theta)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) + (\eta \cdot p + \zeta)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \frac{\sigma_{01}S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega t + \varphi_0) & \eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1} \\ \frac{\sigma_{02}S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega t + \varphi_0) & p^2 + \eta \cdot p + \zeta \end{vmatrix} =$$

$$= \frac{\sigma_{01}S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) - \frac{\sigma_{02}S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})$$

или

$$\Delta_1 = S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \left[\frac{\sigma_{01}}{m_1} (p^2 + \eta \cdot p + \zeta) - \frac{\sigma_{02}}{m_2} (\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1}) \right]$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} p^2 + \mu \cdot p + \theta & \frac{\sigma_{01}S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega t + \varphi_0) \\ -(\eta \cdot p + \zeta) & \frac{\sigma_{02}S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega t + \varphi_0) \end{vmatrix} =$$

$$= (p^2 + \mu \cdot p + \theta) \frac{\sigma_{02}S}{m_2} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) + (\eta \cdot p + \zeta) \frac{\sigma_{01}S}{m_1} a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$$

вынесем общий множитель:

$$\Delta_2 = S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \left[\frac{\sigma_{02}}{m_2} (p^2 + \mu \cdot p + \theta) + \frac{\sigma_{01}}{m_1} (\eta \cdot p + \zeta) \right]$$

По формулам Крамера найдем: $Y_1(p)$ и $Y_2(p)$.

$$Y_1(p) = \frac{\Delta_1}{\Delta} = \frac{S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \left[\frac{\sigma_{01}}{m_1} (p^2 + \eta \cdot p + \zeta) - \frac{\sigma_{02}}{m_2} (\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1}) \right]}{(p^2 + \mu \cdot p + \theta)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) + (\eta \cdot p + \zeta)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})}$$

$$Y_2(p) = \frac{\Delta_2}{\Delta} = \frac{S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0) \left[\frac{\sigma_{02}}{m_2} (p^2 + \mu \cdot p + \theta) + \frac{\sigma_{01}}{m_1} (\eta \cdot p + \zeta) \right]}{(p^2 + \mu \cdot p + \theta)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) + (\eta \cdot p + \zeta)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})}$$

Разделив обе части $Y_1(p)$ и $Y_2(p)$ на $S a_{xc} \cos(\omega \cdot t + \varphi_0)$ получим выражения передаточных функций $W_1(p)$ и $W_2(p)$:

$$W_1(p) = \frac{\frac{\sigma_{01}}{m_1} (p^2 + \eta \cdot p + \zeta) - \frac{\sigma_{02}}{m_2} (\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})}{(p^2 + \mu \cdot p + \theta)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) + (\eta \cdot p + \zeta)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})};$$

$$W_2(p) = \frac{\frac{\sigma_{02}}{m_2}(p^2 + \eta \cdot p + \theta) + \frac{\sigma_{01}}{m_1}(\eta \cdot p + \zeta)}{(p^2 + \mu \cdot p + \theta)(p^2 + \eta \cdot p + \zeta) + (\eta \cdot p + \zeta)(\eta \frac{m_2}{m_1} p + \zeta \frac{m_2}{m_1})}$$

Имея выражение $Y_1(p) : Y_2(p)$, нетрудно определить величину деформации почвенных слоев под действием ходовой системы, которые характеризуются передаточными функциями $W_1(p)$ и $W_2(p)$.

Библиографический список

1. Наземные тягово-транспортные системы: Энциклопедия. / Ред. совет: И.П. Ксенович (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 2003. - 743с.: ил.
2. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах: Т.3 - М.: Наука, 1973. - 487с.: ил.

УДК 631.431

Савельев Ю.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА УМЕНЬШЕНИЯ УПЛОТНЯЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ ХОДОВОЙ СИСТЕМОЙ ПРИЦЕПНОЙ СЕЯЛКИ

Обосновываются основные конструктивно-технологические параметры разгружающего устройства для прицепных сеялок.

При проектировании различных устройств, разгружающих опорно-приводные колёса прицепных сеялок, необходимо определить их конструктивно-технологические параметры.

Для работы катков разгружающих устройств без дополнительного уплотнения почвы необходимо выполнить условие:

$$\sigma_{OC} \geq \sigma_{OK}, \quad (1)$$

где σ_{OC} - контактное давление колёс сеялки без груза на почву;

σ_{OK} - контактное давление катков на почву при максимальном грузе сеялки.

Контактное давление σ_{OC} определится:

$$\sigma_{OC} = \frac{G_C}{2 \cdot S_{KC}},$$

где G_C - вес сеялки без груза;

S_{KC} - площадь контакта колеса сеялки с почвой без груза.

Контактное давление катков на почву:

$$\sigma_{OK} = \frac{G_F \cdot l_1}{S_{OK} \cdot l_2},$$

где G_F - вес груза сеялки;

S_{OK} - площадь контакта катков с почвой;

l_1 - расстояние от трактора до груза сеялки;

l_2 - расстояние от трактора до катка.

Величина σ_{OK} изменяется при работе сеялки от $\sigma_{OK \max}$ до $\sigma_{OK \min}$ в зависимости от исходного значения $l_3 = l_2 - l_1$, которое по мере высева груза уменьшается до определённого минимального значения, а также от площади контакта катка.

Для определения контактной площади катка, имеющего гладкую обрешиненную поверхность для самоочистки от налипания почвы, рассмотрим схему взаимодействия его с почвой (рис. 1).

Исходя из условия (1), сделаем допущение, что под разгружающим катком почва изменяет свои свойства в пределах упругой деформации. Длина дуги $\cup AB$ является линией контакта или длиной площади контакта, которую можно представить прямоугольником. Длину дуги $\cup AB$ определим как сумму длин хорд AO и OB .

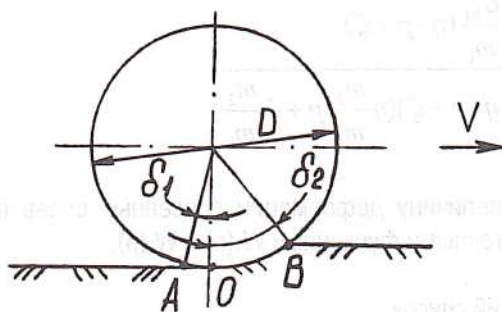


Рис. 1. Схема взаимодействия колеса с почвой

Определим их длину:

$$AO = R \cdot \sin \delta_1;$$

$$OB = R \cdot \sin \delta_2;$$

или

$$AB = \frac{D}{2} (\sin \delta_1 + \sin \delta_2).$$

Ширину катка примем равной ширине колеса сеялки и обозначим через b_K . Поэтому

$$\sigma_{oc} = \frac{2 \cdot (G_r \cdot l_1)}{D \cdot (\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \cdot b_K \cdot l_2} = \frac{2 \cdot (G_r \cdot l_1)}{D \cdot (\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \cdot (l_1 + l_2)}$$

Для функционирования механизма при любой степени загрузки семян величина G_r в расчетах принимается максимально возможной, расстояние l_1 - фиксированная конструктивная величина сеялки, l_2 - расстояние наибольшего перемещения катка при максимальной загрузке сеялки, выбирается исходя из конструктивных соображений и жесткости возвратной пружины. При этом длина пружины должна быть больше величины её деформации, которую определяем:

$$h_n = \frac{F_n}{\lambda} + \delta_n,$$

где F_n - разгружающая сила, действующая на каток через пружину;

λ - жёсткость пружины;

δ_n - конструктивный параметр пружины.

Диаметр разгружающего катка определяется выражением:

$$D = \frac{2 \cdot G_r \cdot l_1}{\sigma_{oc} \cdot (\sin \delta_1 + \sin \delta_2) \cdot (l_1 + l_2)}.$$

При этом нагрузка с колёс сеялки уменьшается на величину веса семян и удобрений и остаётся постоянной величиной равной только весу сеялки в течение всего процесса высева.

В результате величина деформации почвы колёсами сеялки уменьшится на величину Δh . Используя формулу Горячкина - Грандвуане [1] определим Δh :

$$\Delta h = 0.01 \cdot k^{\frac{2}{3}} \cdot \left(\sqrt[3]{\frac{G_{cr}^2}{b_c^2 \cdot D_c}} - \sqrt[3]{\frac{G_c^2}{b_c^2 \cdot D_c}} \right),$$

где k - коэффициент деформативности;

G_{cr} - вес сеялки с грузом;

G_c - вес сеялки;

b_c - ширина обода колеса сеялки;

D_c - диаметр колеса сеялки.

Максимальное тяговое сопротивление разгружающего катка согласно [2] может быть определено:

$$P_{ХК \max} = 2 \cdot 0.86 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_r^4}{q \cdot D^2 \cdot b_K}} = 1.72 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q_r^4}{q \cdot D^2 \cdot b_K}};$$

где q - коэффициент объёмного смятия почвы;

Q_r - вес груза сеялки.

Библиографический список

1. Наземные тягово-транспортные системы: Энциклопедия. / Ред. совет: И.П. Ксенович (пред.) и др. - М.: Машиностроение, 2003. - 743с.: ил.
2. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.

РАЗРАБОТКА ВЫСЕВАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА СЕЯЛКИ ДЛЯ ТРУДНОСЫПУЧИХ ПОСЕВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработана технологическая схема процесса высева трудносипучих семенных материалов дисково-штифтовым высевальным аппаратом, использование которой в сеялке позволяет осуществлять посев коостреца и овсяницы красной, обеспечивая равномерность и постоянство необходимой нормы высева без повреждения посевного материала.

В последние годы пристальное внимание привлекает проблема восстановления плодородия земель загрязненных углеводородами. Одним из методов восстановления почв является фиторемедиация. Эффективность фиторемедиации зависит от активности взаимодействия микроорганизмов, растений и собственно загрязнений.

Наиболее эффективными для этой цели являются такие растения как коострец и овсяница красная.

Однако широкое использование данных культур сдерживается особенностью физико-механических свойств их семян. Семена коостреца и овсяницы красной обладают низкой сыпучестью, поэтому посев существующими сеялками весьма затруднителен, а в некоторых случаях и практически невозможен.

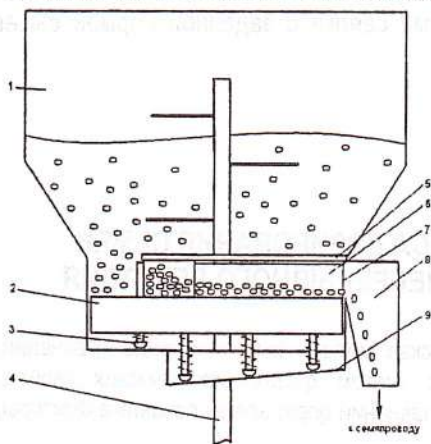


Рис. 1. Высевающий аппарат:
1 - семенной бункер; 2 - высевающий диск; 3 - подвижные штифты;
4 - приводной вал; 5 - козырек;
6 - скребок; 7 - высевное окно;
8 - воронка семяпровода;
9 - направляющая шайба

Для решения проблемы высева трудносипучих семян на кафедре «Механика и инженерная графика» разработано дисково-штифтовое высевальное устройство, которое включает следующие основные элементы: высевающий диск, подвижные штифты, козырек, скребок и направляющая шайба в виде геликоида (рис.1).

Технологический процесс работы дисково-штифтового высевального аппарата осуществляется следующим образом.

При вращении высевающего диска 2, подвижные штифты 3 скользя нижним окончанием по поверхности направляющей шайбы 9, выдвигаются, выступая над поверхностью высевающего диска.

Штифты, увлекая за собой порции семян, транспортируют их в подкозырьковую зону, после чего под действием пружин возвращаются в исходное положение. Затем за счет силы трения между семенами и поверхностью высевающего диска, выделенная порция семян движется в направлении криволинейного скребка, в свою очередь последующий ряд штифтов подводит очередную порцию семян следом за предыдущей.

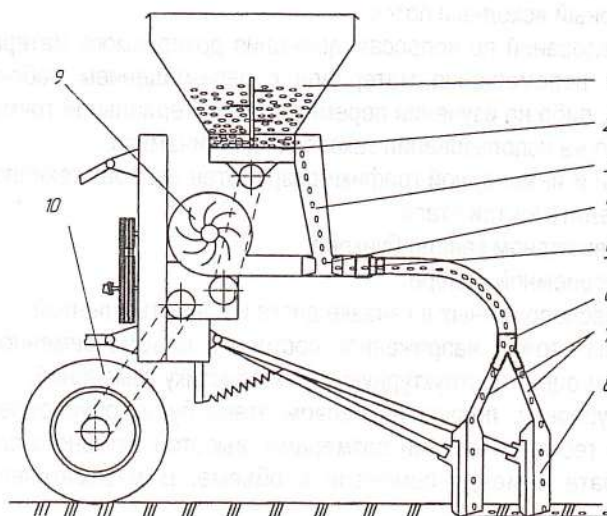


Рис. 2. Схема экспериментальной сеялки:

1 - бункер; 2 - высевающий аппарат; 3 - приемная воронка; 4 - эжектор; 5 - делитель 1 ступени; 6 - делитель 2 ступени;
7 - пневмосемяпровод; 8 - сошник; 9 - вентилятор; 10 - опорно-приводное колесо

Семена, движущиеся вдоль криволинейного скребка, образуют непрерывный семенной поток, после чего сбрасываются через высевное окно 7 в воронку семяпровода 8. После прохождения скребка штифты вновь выдвигаются над поверхностью высевающего диска, продвигая последующие порции семян к скребку, повторяя рабочий цикл.

Конструктивно-технологические параметры высевающего аппарата обеспечивают работу четырнадцати сошниковых секций с междурядьем 12,5 см при норме высева от 10 до 60 кг/га.

Для проведения лабораторно-полевых исследований с использованием разработанного высевающего аппарата изготовлена экспериментальная пневматическая сеялка (рис.2).

По результатам полевых исследований, которые проводились на опытных участках Поволжского НИИСС на посеве костреца, получены следующие качественные показатели работы экспериментальной сеялки:

- неравномерность распределения семян в рядке составила 68 %;
- неравномерность распределения растений в рядке составила 73,5%;
- неустойчивость нормы высева – 2,5%.

Использование пневматического транспортирования семян от высевающего аппарата в сошники позволило использовать один высевающий аппарат централизованного дозирования с последующим распределением семенного потока на всю ширину захвата сеялки.

В процессе испытаний дисково-штифтовый высевающий аппарат обеспечивал устойчивую подачу семенного материала в распределительно-транспортирующую систему сеялки с заданной нормой высева. Нарушений технологического процесса дозирования не наблюдалось.

УДК 631.331.

Петров А.М., Васильев С.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН ЛЕНТОЧНО-ДИСКОВЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Проведены теоретические исследования и получена математическая модель высева в виде уравнений, связывающих между собой конструктивные и режимные параметры с учетом физико-механических свойств высеваемого материала. В результате анализа полученных аналитических уравнений определены основные факторы, влияющие на движущийся семенной поток.

Анализ существующих высевающих аппаратов и различных устройств для высева семян показывает, что одним из перспективных направлений повышения производительности сеялок на посеве и увеличения равномерности распределения семян в рядке является разработка ленточно-дисковых высевающих аппаратов непрерывного действия. Они позволяют отбирать из общей массы семян определенное количество и транспортировать его к высевающей воронке, а так же за счет уплотнения семян формировать равномерный исходный поток.

Большая часть исследований по вопросам движения дозируемого материала показывает, что они основаны либо на аналогии перемещения материала с перемещением рабочего органа с введением поправочных коэффициентов, либо на изучении перемещения материальной точки, с перенесением законов на весь поток материала, либо на использовании законов гидродинамики.

На кафедре механики и инженерной графики разработан аппарат технологический процесс высева (рис. 1), которого можно разделить на три этапа:

- 1) движение семян в выходном канале бункера;
- 2) движение семян в приемной камере;
- 3) движение семян, расположенных в канавке диска и прижатых лентой.

При этом рассмотрим сложное напряженное состояние объема семенной массы, потому что при таком рассмотрении мы можем оценить структурную характеристику изменений.

Исходя из данных условий, подача на первом этапе будет обусловлена местом расположения высевного окна бункера, его геометрическими размерами, высотой активного слоя семян, силами трения семян о диск, стенки аппарата и между семенами в объеме. В математическом варианте это можно представить как

$$P_{\sigma} = \gamma \cdot \lambda \cdot C_k \cdot h_1 \cdot [v_0 + g \cdot t(f_1 + 2f_2 \cdot \frac{n_1 \cdot h_1}{C_k})],$$

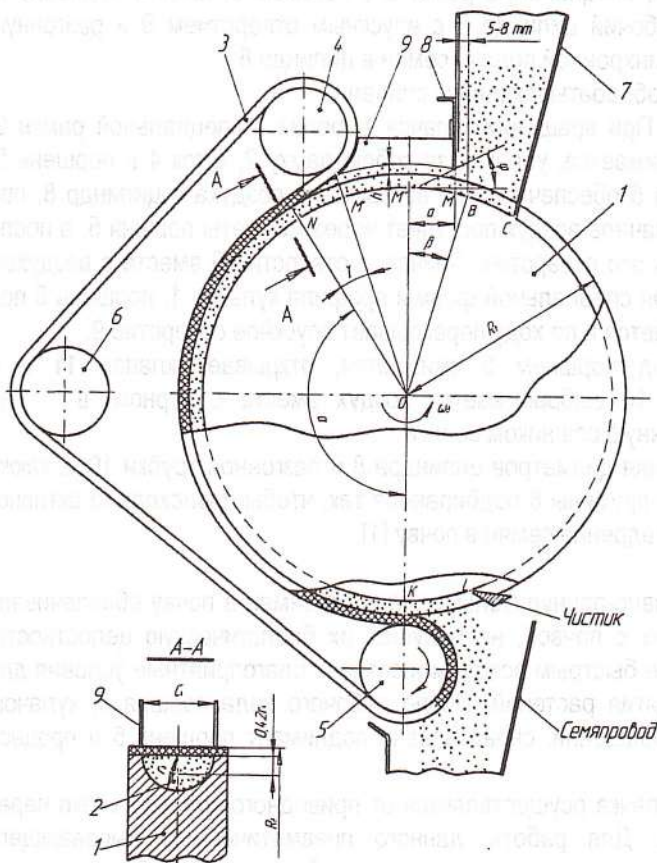


Рис 1. Технологический процесс высева ленточно-дискового высевающего аппарата непрерывного действия

соответственно на первом, на втором и третьем этапах.

Производительность высевающего аппарата на его выходе можно определить по формуле:

$$G_{i=1} = \frac{\pi}{2} \cdot k_y \cdot \rho \cdot r_k^2 \cdot \omega_d \cdot (R_d - 0,42r_k),$$

где K_y - коэффициент уплотнения; ρ - насыпная объемная масса семян; ω_d - угловая скорость диска; R_d - радиус диска.

В результате анализа полученных аналитических уравнений можно сказать, что основными факторами, влияющими на движущийся семенной поток, являются: R - радиус кольцевой проточки диска; h - высота активного слоя семян; n - частота вращения диска; f_1 , f_2 - коэффициенты трения семян о диск и между собой.

Библиографический список

1. Видинеев Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия, - М.: Энергия, 1978
2. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. - М.: Машгиз, 1952. - 215 с.

УДК 631.331.

Ивженко С.А., Логинова И.Г.

Саратовский СГАУ им. Н.И. Вавилова

ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ ДЛЯ ПОСЕВА КУКУРУЗЫ

Приведена схема пневматического высевающего аппарата для посева кукурузы и принцип работы.

В Саратовском государственном аграрном университете им. Н.И.Вавилова создан новый пневматический высевающий аппарат для посева кукурузы.

где γ - плотность семян; λ - коэффициент, учитывающий форму и место расположения высевного окна бункера; C_k - ширина окна; h_1 - полная высота столба семян в высевающем окне; v_0 - начальная скорость движения элементарного объема семян; n - коэффициент пропорциональности; f_1 - коэффициент трения семян о стенку; f_2 - коэффициент внутреннего трения.

Подача семенного материала на втором этапе будет зависеть от геометрических размеров диска, частоты его вращения, высоты слоя семян над его ободом, а так же радиуса кольцевого канала:

$$\Pi_k = \frac{\pi \cdot D_d \cdot n \cdot \gamma}{60} (hC_k + \frac{1}{2} \pi \cdot r_k^2),$$

где D_d - диаметр диска; n - частота вращения диска; h - высота слоя семян над ободом диска; r_k - радиус кольцевого канала.

Очевидно, что для нормальной работы высевающего аппарата с неразрывностью потока семян необходимо, чтобы выполнялось условие:

$$\Pi_6 \geq \Pi_k \geq G_{i=1}$$

Таким образом, подача семян будет определяться условиями подачи семян,

Этот аппарат (рис. 1) содержит кулачок 1, специальную рамку 2 с роликом 3, шток 4, поршень 5, рабочую пружину 6, направляющие ролики 7, рабочий цилиндр 8 с впускным отверстием 9 и разгонную трубку 10 с клапаном 11, а так же устройство для синхронной подачи семян в цилиндр 8.

Профиль кулачка 1 выполнен в виде крутообрабатывающейся спирали.

Аппарат работает следующим образом. При вращении кулачка 1, ролик 3 специальной рамки 2, перекачиваясь по профилю кулачка, плавно поднимается, увлекая за собою рамку 2, шток 4 и поршень 5, сжимая рабочую пружину 6. При подъеме поршня 5 обеспечивается всасывание воздуха в цилиндр 8, при этом клапан 11 закрывает разгонную трубку 10. Вначале воздух поступает через манжеты поршня 5, а после открытия поршнем 5 впускного отверстия 9, через это отверстие. Причем в отверстие 9 вместе с воздухом поступает зерно. По окончании подъема, благодаря специальной формы профиля кулачка 1, поршень 5 под действием сжатой рабочей пружины 6 резко опускается и по ходу перекрывает впускное отверстие 9.

Воздух под поршнем 5 сжимается, открывает клапан 11 и в разгонную трубку 10 выбрасывается воздух вместе с зерном, в дно борозды, выполненную сошником сеялки.

Соотношения диаметров цилиндра 8 и разгонной трубки 10, а также жесткость рабочей пружины 6 подбираются так, чтобы происходило активно-принудительное внедрение семян в почву [1].

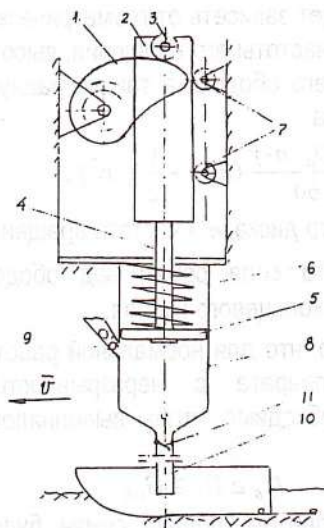


Рис. 1. Пневматический высевающий аппарат

Такая активно-принудительная заделка семян в почву обеспечивает плотный контакт их с почвой, не нарушая их биологическую целостность, способствует более быстрым всходам и создает благоприятные условия для дальнейшего развития растений. После рабочего хода поршня 5, кулачок, при дальнейшем вращении, снова плавно поднимает поршень 5 и процесс повторяется.

Привод кулачка осуществляется от приводного колеса сеялки через цепные передачи. Для работы данного пневматического высевающего аппарата не требуется дополнительных устройств для выработки вакуума (вентилятора) и пневмопроводов, что упрощает конструкцию и создает условия для более точного распределения семян вдоль рядка.

Библиографический список

1. Ивженко С.А. Активно-принудительная заделка семян в почву // Совершенствование машиноиспользования и технологических в АПК: Сб. науч. тр. Поволжской межвузовской конференции. – Самара, 2002. – С. 176-177.

УДК 631.331

Плешков Е.Н., Шустов И.С.

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕОБХОДИМОГО РАЗРЯЖЕНИЯ В ВАКУУМНОЙ КАМЕРЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА

Наиболее важным этапом в работе пневматического высевающего аппарата является этап захвата (присасывания) семян и вынос их слоя материала. Поэтому важным показателем работы, влияющим на весь технологический процесс, является величина разрежения в вакуумной камере на этом этапе.

Для решения этой задачи применительно к высевающему аппарату барабанного типа рассмотрим силы действующие на семя в момент присасывания его к отверстию равномерно вращающегося барабана. На семя в данном случае (рис. 1) будут действовать сила тяжести $Q = mg$, Центробежная сила F_H , давление воздуха внутри и снаружи барабана P_A и P_B , сила трения между семенем и поверхностью барабана F , сила аэродинамического поля присасывающего отверстия F_n и нормальная реакция поверхности N . Вывод формулы для определения разрежения в вакуумной камере проведем при допущении, что $\bar{N}$ совпадает с направлением оси On .

Составим уравнение движения семени в момент присасывания в проекциях на естественные оси координат τOn

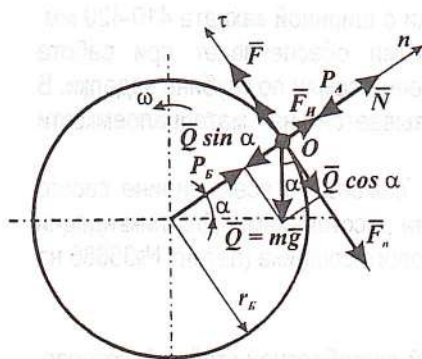


Рис. 1. К определению необходимого разрежения в вакуумной камере высевающего аппарата барабанного типа в момент присасывания семян к отверстиям при относительной скорости семени не равной нулю

$$\sum F_r = 0; F - Q \cdot \cos \alpha - F_n = 0, \quad (1)$$

$$\sum F_n = 0; F_n - (P_A - P_B) \cdot S \cdot K - Q \cdot \sin \alpha + N = 0. \quad (2)$$

Очевидным условием присасывания семени к отверстию вращающегося барабана в этом случае будет

$$F \geq Q \cdot \cos \alpha + F_n. \quad (3)$$

Определим разрежение в барабане, при котором имеет место неравенство (3). Для этого подставим в уравнение (2) значения входящих в него величин, учитывая, что

$$P_A - P_B = H, F_n = \frac{m \cdot V_B^2}{r_B}, \frac{m \cdot V_B^2}{r_B} - H \cdot S \cdot K - Q \cdot \sin \alpha + N = 0.$$

Из полученного выражения определяем N

$$N = H \cdot S \cdot K + Q \cdot \sin \alpha - \frac{m \cdot V_B^2}{r_B}, \quad (4)$$

учитывая, что $F = f \cdot N$ неравенство (3) примет вид

$$f \cdot N \geq Q \cdot \cos \alpha + F_n. \quad (5)$$

Подставляем в выражение (5) соотношение (4)

$$f \left(H \cdot S \cdot K + Q \cdot \sin \alpha - \frac{m \cdot V_B^2}{r_B} \right) \geq Q \cdot \cos \alpha + F_n.$$

Из полученного выражения определяем H

$$f \cdot H \cdot S \cdot K + f \left(Q \cdot \sin \alpha - \frac{m \cdot V_B^2}{r_B} \right) \geq Q \cdot \cos \alpha + F_n,$$

$$H \leq \frac{1}{f \cdot S \cdot K} \left[Q \cdot \cos \alpha + F_n - f \left(Q \cdot \sin \alpha - \frac{m \cdot V_B^2}{r_B} \right) \right].$$

После несложных математических преобразований окончательно получим

$$H \leq \frac{Q}{S \cdot K} \left[\frac{1}{f} \left(\cos \alpha + \frac{F_n}{Q} \right) - \sin \alpha + \frac{m \cdot V_B^2}{g \cdot r_B} \right], \quad (6)$$

где H – разрежение в барабане, МПа; S – площадь присасывающего отверстия, мм²; K – коэффициент присасывания; f – динамический коэффициент трения семян о поверхность барабана; V_B – окружная скорость барабана, м/с; r_B – радиус барабана, м.

Библиографический список

1. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты. – Кишинев: Штиинца, 1984. – 392 с.
2. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. – М.: Машиностроение, 1976. – 272 с.

УДК 631.331.

Ивженко С.А., Перетятко А.В., Кунташов А.М.

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ЛАПОВЫЙ СОШНИК С НАПРАВИТЕЛЕМ-РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕМ СЕМЯН

В настоящее время, широкое распространение среди отечественных и зарубежных посевных машин получают почвообрабатывающе-посевные агрегаты с лаповыми сошниками. Применение таких агрегатов, позволяет за один проход выполнять несколько операций подрезание сорняков, рыхление почвы и заделку семян на необходимую глубину, что влечёт за собой уменьшение затрат на горючесмазочные материалы и значительно повышает производительность труда, сохраняя при этом плодородие почв.

Раньше отечественные почвообрабатывающе-посевные агрегаты в качестве рабочих органов использовали стандартные лаповые сошники с шириной захвата 270 мм и 330 мм. Одним из существенных недостатков таких сошников является неравномерное распределение семян по площади поля. Кроме того, малая ширина захвата сошников влечет за собой увеличение их количества на одном почвообрабатывающе-посевном агрегате, что является причиной увеличения тягового сопротивления при работе, а также ведет к повышению материалоемкости конструкции.

Поэтому в последнее время стали использоваться лаповые сошники с шириной захвата 410-420 мм. Оборудование почвообрабатывающе-посевных агрегатов такими сошниками обеспечивает при работе наиболее стабильный ход агрегата, что положительно влияет на распределение семян по глубине заделки. В тоже время уменьшение числа рабочих органов положительно сказывается на материалоемкости конструкции и тяговом сопротивлении.

Однако и такие сошники не способны равномерно распределять семена по всей ширине своего захвата. Высев семян осуществляется полосами с широкими межполосными расстояниями. Для ликвидации этого недостатка в СГАУ им. Вавилова разработана новая конструкция лапового сошника (патент №35686 на полезную модель).

Конструкция сошника представлена на рисунке 1, 2, 3, 4.

Сошник состоит из стрелчатой лапы 1, закрепленной на пружинной дугообразной стойке 2, которая, в свою очередь, закреплена на раме (рама на рисунке не показана); наконечника 3, пневмосемяпровода 4 и направителя-распределителя семян 5.

Наконечник 3 пневмосемяпровода 4 имеет на внешней стороне изгиба окно 13, закрытое сеткой 14, а на входе в камеру рассева 12 наконечник 3 сплюснут таким образом, что выходное его отверстие 15 имеет фигурное сечение, эквидистантно охватывающее на угле 180° верхнюю часть поверхности направителя-распределителя семян 5.

Направитель-распределитель семян 5 выполнен в виде поверхности вращения образующей кривой «п» (16), отвечающей в системе осей координат X и Y соотношению [1]:

$$y = \frac{a}{x^2 + b},$$

где a и b – постоянные величины ($a=40...42$ и $b=4...4,2$), а также условию части кривой «п» (16), описывающей своей нижней точкой A полуокружность 17 радиусом равным 0,30...0,35 ширины захвата стрелчатой лапы 1. На поверхности направителя-распределителя семян 5 установлены направляющие буртики 18, которые делят полуокружности по всей длине образующих 16 на равные части. В передней части направитель-распределитель семян 5 имеет загнутый хвостовик 19, с помощью которого он крепится к лапе.

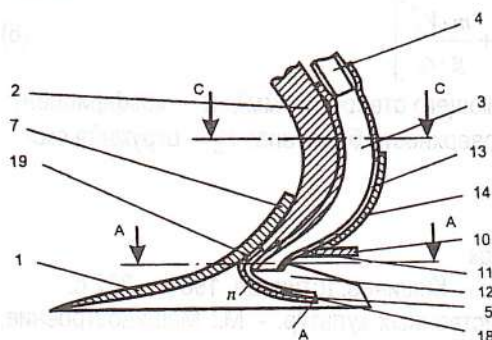


Рис. 1

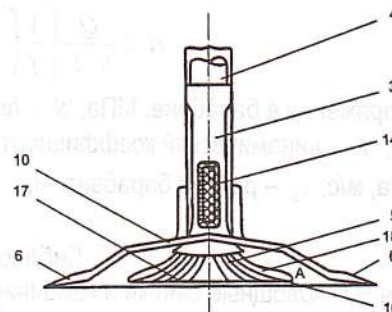


Рис. 2

Семена, равномерно распределяясь по площади поля, укладываются на почвенное ложе и сверху укрываются рыхлой почвой. Это создает наиболее благоприятные условия для всходов и дальнейшего роста растений, а, следовательно, получению высоких урожаев.

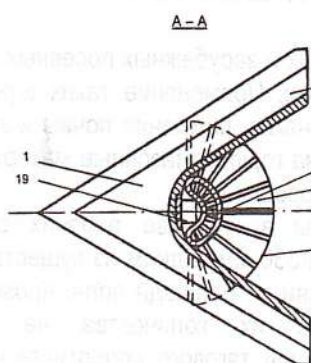


Рис. 3

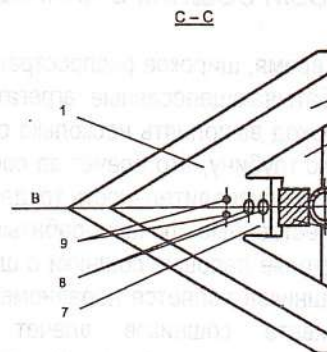


Рис. 4

Сошник работает следующим образом. При движении стрелчатой лапы 1 на глубине заделки семян почва подрезается снизу, крошится и поднимается на нее, образуя под лапой 1 камеру рассева семян 12. С помощью воздушного потока семена доставляются по пневмосемяпроводу 4 в наконечник 3 с окном 13, закрытым сеткой 14. Доходя до окна 13, воздушносеменная смесь делится на две части, а именно: большая часть воздушного потока стравливается в окно 13, а семена, не проходя через сетку 14, под давлением оставшейся части воздушного потока, сил инерции и гравитационных сил, движутся по наконечнику 3 в фигурное выходное отверстие 15. Так как наконечник 3 при входе в камеру рассева семян 12 сплюснут таким образом, что выходное его отверстие 15 имеет фигурное сечение, эквидистантно охватывающее на угле 180° верхнюю часть поверхности направителя-распределителя семян 5, поэтому семена равномерно распределяются по поверхности направителя-распределителя семян 5.

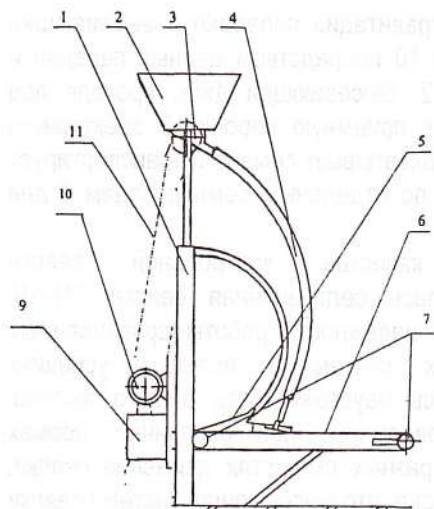


Рис. 5. Схема лабораторной установки: 1 - рама; 2 - бункер; 3 - высевочный аппарат; 4 - семяпровод; 5 - плоскорезущий сошник; 6 - бесконечная лента; 7 - барабан; 8 - натяжное устройство; 9 - понижающий редуктор; 10 - электродвигатель; 11 - ременная передача

Теоретическое исследование работы распределительного устройства сошника подтвердило, что тот недостаток, который присущ лаповым сошникам, а именно – неравномерность распределения семян по ширине захвата успешно ликвидирован и заделка семян с помощью лаповых сошников стала наиболее полно удовлетворять требованиям агротехники посева.

Для практического подтверждения теоретических предпосылок была изготовлена экспериментальная установка рис. 5, на которой в настоящее время проводятся подробные исследования.

Библиографический список

1. Синекоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Наука, 1977.
2. Сабликов М.В. Сельскохозяйственные машины: Ч. 1 и 2. – М.: Колос, 1968.
3. Ивженко С.А. Научное обоснование новых технологий и технических средств посева с использованием пневматики. – Саратов: ООО «Ризон», 2001.

УДК 631.331

Петров А.М., Петин А.В.

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЫСЕВАЮЩЕГО АППАРАТА ДЛЯ МЕЛКОСЕМЕННЫХ КУЛЬТУР С ЭЛАСТИЧНЫМ ВЫСЕВАЮЩИМ ДИСКОМ ПРИ ПОСЕВЕ РАПСА

Во время полевого опыта велись наблюдения за развитием растений, оценивалось качество распределения растений по площади поля, исследовалась неустойчивость общего высева высевочных систем сеялок, определялась биологическая урожайность с опытных делянок.

В последнее время значительно возрос интерес к проблемам посева семян в селекционном производстве. К посеву на селекционных участках предварительного размножения и сортоиспытания предъявляют высокие агротребования по качеству, потому что используется более дорогостоящий посевной материал. Одним из важнейших агротребований является обеспечение равномерного распределения семян вдоль ряда, в значительной мере зависящего от совершенства конструкции и надежности высевочного аппарата.

Однако используемые в настоящее время на селекционных сеялках высевочные аппараты не позволяют получить высокую равномерность распределения семян вдоль ряда. Причиной здесь является порционность высева семян. С целью решения данной проблемы нами был разработан высевочный аппарат с эластичным диском [2].

Аппарат прошел предварительные испытания на полях Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. Константинова.

Для осуществления посева рапса сорта «Галант» на селекционных делянках предварительного размножения и сортоиспытания экспериментальным высевочным аппаратом, последний был установлен на

базу навесной селекционной сеялки СН-16. Для обеспечения транспортирования семян от высевающего аппарата к сошникам на сеялку была установлена пневмо-транспортирующая система.

Технологический процесс работы экспериментальной высевающей системы протекал следующим образом.

Семена засыпаются в бункер 1, откуда они под действием гравитации попадают в высевающий аппарат 2. При движении сеялки по полю опорно-приводное колесо 10 посредством цепных передач и редуктора 9 приводит во вращение диск высевающего аппарата 2. Выссевающий диск, проходя под бункером, захватывает семена и перемещает семенной материал в приемную воронку 3 эжекторного устройства 4. Поток воздуха, подаваемый электровентилятором 11, подхватывает семена и транспортирует их к распределителю 5. После распределителя 5 семена поступают по отдельным семяпроводам 6 для заделки в почву сошниками 7 и загортачами 8 (рис. 1).

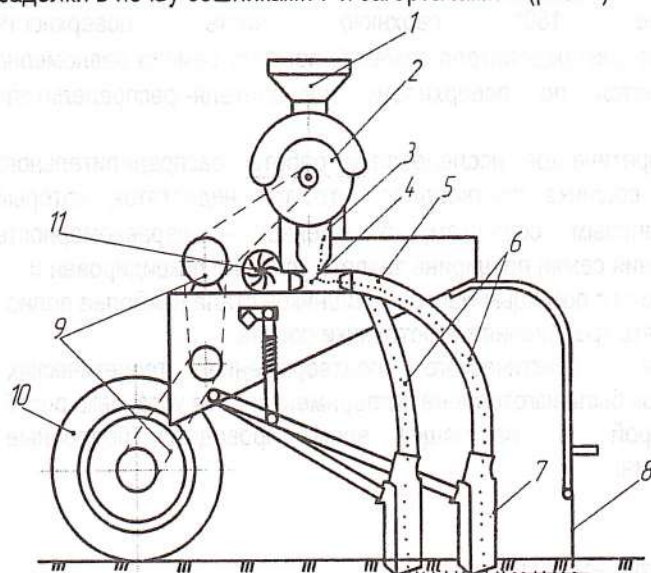


Рис. 1. Схема экспериментальной селекционной сеялки:

- 1 – бункер; 2 – высевающий аппарат; 3 – приемная воронка; 4 – эжектор; 5 – распределитель; 6 – пневмосемяпровод; 7 – сошник; 8 – загортачи; 9 – привод; 10 – опорно-приводное колесо; 11 – вентилятор

В качестве контрольной сеялки использовалась селекционная сеялка СН-16. Для оценки надежности работы сравниваемых высевающих систем в полевых условиях определялась неустойчивость общего высева. Опыты проводились при различных нормах высева на разных скоростях движения сеялки. Было отмечено, что высевающая система сеялки СН-16 высевала семена с большими отклонениями, нежели экспериментальная.

Отклонение общего высева экспериментальной сеялки не превышало 2,8%, против 4,7% базовой СН-16. Качество проведения посевов оценивалось по показателю равномерности распределения растений по площади поля. Лучшие показатели по равномерности распределения растений в рядке получены при высеве экспериментальной пневматической высевающей системой, где средний интервал между растениями составил $a_{ср}=2,1$ см, против $a_{ср}=3,6$ см при посеве сеялкой СН-16 (рис. 2). Коэффициент вариации интервалов между растениями при посеве

экспериментальной сеялкой составил $v=53\%$, а на посевах сеялкой СН-16 - $v=74,2\%$ [1].

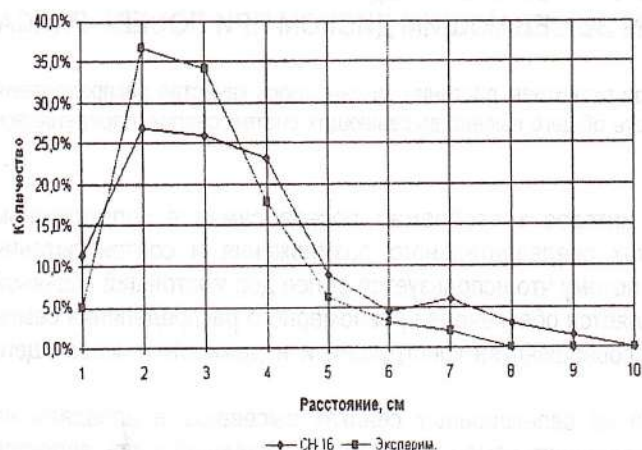


Рис. 2. График распределения растений по полю

обеспечить экономию уникального посевного материала, а так же повысить урожайность высеваемых культур по сравнению с посевами, проводимыми в настоящее время базовыми сеялками СН-16.

Библиографический список

1. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований).- 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

2. Петров А.М., Петин А.В. Обоснование конструктивно-технологической схемы высевяющего аппарата для посева мелкосеменных культур. // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: Сб. науч. тр./ СГСХА – Самара: Самвен, 2001.

УДК 631.331

Артамонов Е.И., Гниломедов В.П.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАВНОМЕРНОСТИ ВЫСЕВА АМАРАНТА МЕТЕЛЬЧАТОГО ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО АГРЕГАТА

Основываясь на ранее выполненных производственных опытах, кафедра «Сельхозмашины» Самарской ГСХА по возделыванию амаранта метельчатого и выявленных недостатках ставится задача создать почвообрабатывающий посевной агрегат для решения проблемы внедрения этой культуры в практику Среднего Поволжья.

В настоящей статье представлено обоснование семенной емкости агрегата параметров высевяющего диска, лабораторные установки и показатели равномерности семян при различных режимах посева.

В последние годы в Самарской области наряду с традиционными сельскохозяйственными культурами стали внедряться и новые – нетрадиционные, к числу которых можно отнести рапс, лен масличный, мальву, амарант, сою и другие.

Ранее выполненными исследованиями было установлено, что при возделывании пропашных культур по типовой технологии потери урожая от сорняков, оставшихся в широких защитных зонах составляют: на свекле от 30 до 50%, на подсолнечнике от 18 до 28%, а на кукурузе от 20 до 34%.

Новые культуры характеризуются, прежде всего, малыми размерами семян, что требует иного подхода к выполнению технологических операций, связанных не только с предпосевной подготовкой поля, но и с посевом.

Особо трудной при возделывании является такая культура как амарант метельчатый, семена которого составляют от 0,8 до 1,2 мм в диаметре.

Распространение амаранта как пропашной культуры на полях Самарской области затруднено следующими факторами:

1 - амарант является мелкосеменной культурой, глубина заделки которой не превышает 2 см, что трудно выполнимо существующими техническими средствами;

2 - семена прорастают при температуре почвы на глубине заделки +10°C, а всходы появляются при достатке влаги на 10-й день после посева, что усложняет борьбу с сорной растительностью;

3 - для хорошего развития в начальном этапе (ювенильном периоде) амарант требует чистого от сорняков состояния;

4 - лучшим способом посева на различные цели следует считать широкорядный с междурядьями 45 или 70 см при физической норме посева 300...500 г/га.

На основании выше перечисленных факторов нами определены первоочередные задачи для внедрения данной культуры:

1 - создание комбинированного почвообрабатывающе-посевного агрегата позволяющего качественно выполнить как предпосевную культивацию, так и посев;

2 - создание лабораторного стенда для испытания предлагаемых образцов.

Проводя анализ технических возможностей существующих высевяющих аппаратов, нами был сделан вывод, что самым рациональным для точного посева мелких семян является механический высевяющий аппарат с вертикальной постановкой семенного диска. За прототип была принята высевяющая секция сеялки ССТ-12Б.

Ранее проведенные полевые опыты с сеялкой ССТ-12Б на полях Поволжской НИИСС им. Константинова указали на ряд существенных недостатков:

- большой объем семенного бункера;
- отсутствие герметичности в зонах: бункер – заборная камера, заборная камера – высевяющий диск, высевяющий диск – корпус секции;
- отсутствие высевяющего диска с ячейкой под размер семян, и требуемым количеством ячеек под норму посева.

Подобные недостатки приводили к избыточному высеву семян амаранта и в том числе на поверхность почвы в зоне движения сошника и дальнейшему их прорастанию, что сводило на нет точность посева, и увеличивало норму посева в 3...4 раза.

Определение рационального объема емкости проводим по формуле:

$$V = \frac{1,1 \cdot L_r \cdot Q \cdot B_p}{10^4 g} \text{ м}^3,$$

где L_r - длина гона, м; Q - норма высева, кг/га; B_p - рабочая ширина захвата, м; g - объемный вес семян, кг/м³.

$$V = \frac{1,1 \cdot 800 \cdot 0,5 \cdot 5,6}{10^4 \cdot 900} = 0,000274 \text{ м}^3 = 2,74 \text{ дм}^3.$$

Таким образом, по расчету полный объем емкости (суммарный) очень мал. Следовательно, при выборе индивидуальной емкости каждого сошника, а в нашем варианте принято междурядье 70 см будет 8 емкостей, причем каждая будет равна 0,34 дм³, что крайне трудно для реального изготовления и установки емкости на высевающие секции.

Поэтому воспользуемся методом подбора размера емкости по конструктивным соображениям. Принимаем объем одной семенной емкости равным 2 дм³. Это дает возможность использовать данную емкость для посева других мелкосеменных культур.

Расчет количества ячеек на высевающем диске зависит от нормы высева на гектар.

При широкорядном посеве с междурядьями 70 см в рядке семена должны располагаться друг от друга со следующим интервалом. Поскольку вес 1000 семян составляет 0,91 г то размещение семян по весу на 1 м² можно определить решением пропорции: на 1 гектаре размещено – 500 г амаранта тогда, на 1 м² площади; 1000 – 0,09 г. Следовательно на 1 м² площади посева должно быть при решении пропорции следующее количество семян:

$$\begin{aligned} 0,91 \text{ г} &- 1000 \text{ семян} \\ 0,05 \text{ г} &- x \\ x &= 56 \end{aligned}$$

Поскольку при междурядий 70 см в состав 1 м² входит два рядка растений, то на каждом погонном метре рядка будет располагаться в два раза меньше семян, то есть на 1 погонном метре рядка разместится 28 штук семян.

Диаметр диска постоянный и равен $d_d = 220$ мм. Привод в движение высевающего диска происходит от опорного пневматического колеса с диаметром $D_k = 510$ мм. Примем в передаточном механизме установку звездочек $i = 0,276$. Расчет определим необходимые режимы работы высевающего диска. При повороте опорного колеса на один оборот без учета пробуксовки будет пройден путь, определяемой зависимостью

$$S = \pi \cdot D_k, \text{ (мм)}$$

где D_k - диаметр опорного колеса; π - 3,14 постоянная величина.

$$S = 3,14 \cdot 510 = 1601,4 \text{ мм}$$

Если учитывать передаточное отношение между колесом и высевающим диском, то количество ячеек на диске для обеспечения высева заданной нормы может быть определено из зависимости

$$n = \frac{\pi \cdot D_k \cdot N}{i};$$

где n - количество ячеек на диске; N - число семян на один погонный метр рядка.

Принимаем $N = 28$ семян; $i = 0,276$

$$n = \frac{3,14 \cdot 0,51 \cdot 28}{0,276} = 162 \text{ ячейки.}$$

Как уже было отмечено, на ячеистом диске при диаметре 220 мм достаточно располагать в один ряд 162 ячейки. Однако, учитывая, что норма высева 500 г амаранта на 1 га является средней, а передаточное отношение было выбрано для однорядного диска тоже средним, мы сочли необходимым уменьшить число ячеек на высевающем диске до 108 штук. Это позволит идти на уменьшение нормы высева.

Поскольку при проверке качества высева семян амаранта на предлагаемом диске выяснилось, что, несмотря на сыпучесть семян, обеспечить освобождение семян из ячеек в нижнем положении затруднительно, ибо силы гравитации не достаточно, то необходимо установить выталкивающее устройство в этой зоне. Эта задача была решена нарезанием канавки толщиной 0,4 мм и глубиной 5 мм и постановкой в ней, в зоне извлечения семян плавающего клинового устройства.

На кафедре «Сельхозмашины» была спроектирована и сконструирована высевающая секция на основе прототипа ССТ-12Б.

Высевающая секция (рис. 1) состоит из следующих сборочных единиц: 1 – корпус; 2 - высевающий диск; 3 - герметизирующий ползун; 5 – бункер; 6 - регулировочная поджимная скоба; 7 - клин извлекатель.

Работает высевающая группа следующим образом. В бункер 5 засыпают семена, семенному диску 2 придается вращение, семена заполняют полость герметизирующего ползуна и попадают в ячейки диска.

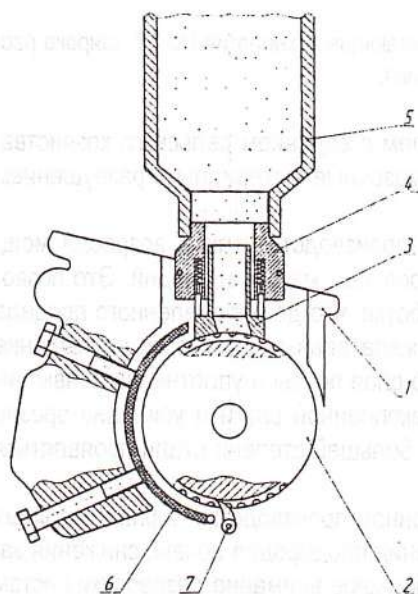


Рис. 1 Высевающая группа секции

Далее семена в ячейках диска перемещаются по окружности, поддерживаемые регулировочной скобой 6 до зоны падения в борозду, извлекаемые клином 7.

Высевающая группа прошла испытания на лабораторном стенде спроектированным и изготовленным на кафедре сельскохозяйственных машин.

Основной задачей лабораторного опыта было получение результатов равномерности высева на клейкую ленту.

Высевающая группа с семенным диском на 162 ячейки в двух условиях:

- 1 - изменялась скорость вращения приводного колеса секции;
- 2 - изменялось передаточное отношение коробки передач.

По результатам проведенного опыта нами были получены следующие зависимости (рис. 2, 3)

Из зависимости (рис. 2, 3) видно, что с изменением скорости движения агрегата в зоне рабочих скоростей равномерность посева не изменяется.

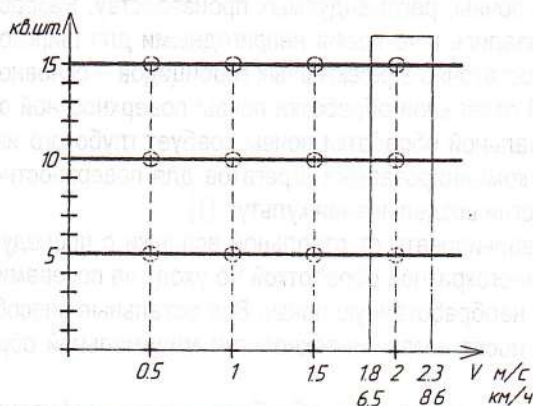


Рис. 2. График зависимости количества штук семян на метр длины от скорости высева

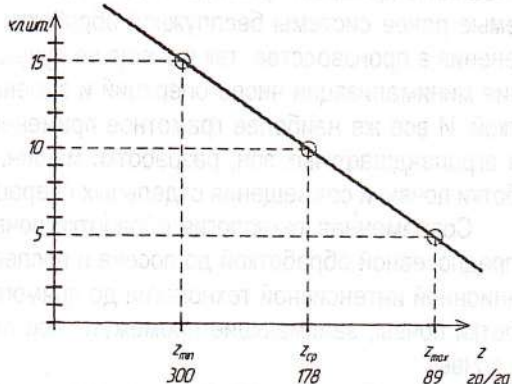


Рис.3. График определения нормы высева семян на га при 162 ячейках высевающего диска

График показывает, что высевающая секция может работать и с меньшими нормами высева, не нарушая равномерности распределения семян в рядке.

Полученные результаты, позволяют сделать вывод, что полученную конструкцию высевающей секции можно использовать в структуре почвообрабатывающе-посевного агрегата.

Библиографический список

1. СВОДНЫЙ ОТЧЕТ по хозяйственным госбюджетным темам научных исследований, проводимых отделами и лабораториями Поволжской НИИСС Самарской области за 1996 год / сост. В.П. Гниломедов и др. – Кинель, 1996.

2. СВОДНЫЙ ОТЧЕТ по хозяйственным госбюджетным темам научных исследований, проводимых отделами и лабораториями Поволжской НИИСС, Самарской области за 1993 год / сост. В.П. Гниломедов и др. – Кинель, 1993.

УДК 631.17

Кудрявцев И.В., Нестеров К.Г., Кулинич А.Н., Зубрилина Е.М.

Ставропольский государственный аграрный университет

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЕЕ В РОССИИ

В статье рассмотрены проблемы современного высокотехнологичного сельского хозяйства – разработка машинных технологий возделывания зерновых культур, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды, сохранение плодородия почвы и наивысших экономических результатов. Рассмотрены вопросы снижения капитальных затрат на растениеводство, поднята актуальная тема защиты земли от водной и ветровой эрозии, рассмотрена

техника для ресурсосберегающего земледелия. Подробно описана энергосберегающая технология No Till, широко распространенная в странах Западной Европы, США, Австралии и Латинской Америки.

На сегодняшний момент в России возникло очень много проблем с ведением сельского хозяйства. Это связано в первую очередь с неуклонным ростом цен на горюче-смазочные материалы и разрушением почвы в результате водной и ветровой эрозии.

Наряду с повышением интенсивности сельскохозяйственного производства также возросли мощность энергосредств и производительность почвообрабатывающих и посевных машин и орудий. Это позволило своевременно и качественно производить все механические обработки, что до определенного предела вело к повышению урожайности. Однако, усиливались и некоторые нежелательные процессы: распыление почвенных агрегатов из-за чрезмерного разрыхления обрабатываемого слоя почвы и уплотнение почвы ниже пахотного слоя многократными проходами агрегатов; испарение накопленной влаги и усиление эрозии почвы. В целом, по мере увеличения мощности и массы техники все в большей степени стали проявляться негативные стороны интенсивной механической обработки почвы.

В связи с таким положением, сложившемся в сельскохозяйственном производстве, в ряде развитых стран Западной Европы и, особенно, в США и Канаде, с целью сохранения плодородия почвы, снижения затрат на производство сельскохозяйственной продукции стали уделять большое внимание разработки систем обработки почвы, свободных от основных недостатков отвальной вспашки и последующих многократных проходов по полю. Поэтому за последние десятилетия возник вопрос о необходимости научно-технического обоснования отдельных приемов и даже систем обработки почвы, рекомендуемых производству. Разрабатываемые ранее системы бесплужной обработки почвы оказались в то время непригодными для широкого применения в производстве, так как еще не существовало достаточно эффективных гербицидов – основного условия минимализации числа операций и замены глубокой отвальной обработки почвы поверхностной обработкой. И все же наиболее грамотное применение минимальной обработки почвы требует глубокого изучения агроландшафтных зон, разработки машин, орудий и комбинированных агрегатов для поверхностной обработки почвы и совмещения отдельных операций технологии возделывания культур [1].

Современная технология обработки почвы может варьировать от отвальной вспашки с последующей предпосевной обработкой до посева и послепосевной многократной обработкой по уходу за посевами – традиционной интенсивной технологии до прямого посева в необработанную почву. Все остальные способы обработки почвы, занимающие промежуточное положение, носят название технологии минимальной обработки почвы.

Таким образом, разработку современных технологий минимальной обработки почвы необходимо начинать с разработки новой техники и применения химических средств для защиты посевов от сорняков, вредителей и болезней. Все остальное связано лишь с изучением условий роста и развития растений, данных природой, севооборотами, другими агротехническими приемами [4].

Ежегодная глубокая плужная обработка почвы – ресурсоемкий процесс, который наносит непоправимый вред почвенной микрофлоре, усиливая эрозионные процессы и деградацию плодородного слоя. При системе ресурсосберегающих технологий исключается механическое воздействие на почву. Производится прямой посев по пожнивным остаткам с минимальным нарушением структуры почвы.

На сегодняшний день зарубежными и отечественными производителями разработаны технологии и машины, которые позволяют провести предпосевную обработку почвы, высева семян на заданную глубину, точное внесение жидких и гранулированных удобрений точно под посевное ложе, прикрытие посевного ложа и прикатку за один проход. Высев производится на не вспаханное поле, покрытое измельченными пожновыми остатками предшествующей культуры. Такая технология носит название No Till – система беспашотного земледелия [4].

Уменьшая количество проходов техники по полю, уменьшается разрыхление верхних слоев почвы и уплотнение нижних, вследствие чего уменьшается водная и ветровая эрозия. Уменьшению эрозии и сведению ее к нулю также способствуют пожновыи остатки и стерня. Ученые утверждают, что именно пожновыи остатки способствуют сокращению эрозии почв. Когда на поле остается 100% пожновыи остатков, это сводит эрозию почв до 0%, при 50% сокращение эрозии составляет 83%, когда на поле остается 10% пожновыи остатков, сокращение эрозии достигает 30% [3].

Растительные остатки – основа для восстановления плодородного слоя. С пожновыми остатками в почву возвращаются все использованные минералы, плюс новая органическая масса. Органика нарастает за счет оставленных на поверхности почвы пожновыи остатков, которые в процессе переработки микроорганизмами и бактериями в дальнейшем способствуют увеличению плодородного слоя.

Поскольку нет необходимости в дополнительных способах восстановления плодородия, управление пожновыми остатками позволяет отказаться от паров, малоэффективных и экономически невыгодных.

Пожнивные остатки и стерня являются универсальными средствами для сохранения влаги на протяжении всего вегетационного периода. Эта система действенна в любом климатическом поясе, несмотря на то, что испарение увеличивается с севера на юг. Слой из пожнивных остатков эффективен как для влаго- и снегозадержания, так и для последующей защиты от испарения. Кроме того, укутывая почву покрывалом из пожнивных остатков, мульча создает разность температур – воздуха и верхнего слоя почвы, что провоцирует появление конденсата, который в виде росы выпадает на поверхности земли.

Пожнивные остатки защищают почву от перегрева в период засухи.

До посева и после сбора культур слой из пожнивных остатков защищает посевные площади от прорастания сорняков [2].

При нынешней организации сельского хозяйства урожай на 80% зависит от природы. При системе No Till влияние погоды и климата на эффективность растениеводства сведено до 20%. Остальные 80% приходятся на технологии и управление в сельском хозяйстве, объединенные в одну систему [3].

Благодаря уменьшению проходов сельскохозяйственной техники появляется возможность снизить парк техники на 90%, на 70% сократить расход горючесмазочных материалов.

Благодаря тому, что удобрения вносятся под посевное ложе, а не разбрасываются по всей поверхности поля, на 30% сокращается расход удобрений.

Под культуру используется 58% площади, а междурядье составляет 42%. При внесении удобрений под культуру сорняки в междурядье не получают питания, а значит они менее конкурентоспособны. Культура быстрее и сильнее идет в рост, чем сорная растительность [3].

Таким образом, обработка земли по системе No Till повышает эффективность возделывания сельскохозяйственной продукции и сокращает трудозатраты в 3 раза. Улучшается качество зерна:

- повышается на 10% содержание белка в зерне;
- уменьшается сорная примесь в зерне;
- за счет уменьшения химического воздействия на культуру получается экологически чистый продукт.

Ресурсосберегающая технология не только экономна с позиции инвестиционных затрат и амортизационных отчислений на 1 га, она обеспечивает экономию текущих расходов на многие годы вперед.

Все это приводит к значительному уменьшению себестоимости зерна и увеличению прибыли хозяйства.

Такую энергосберегающую технику выпускают многие зарубежные сельхоз производители: Horsch – Агро-союз, Amazone, Lemken, Koeckerling. Украинская фирма Агро – Союз, совместно с немецкой фирмой Horsch разработала и выпускает энергосберегающую технику, работающую по технологии No Till. Эту технику, за явной ее выгодой, приобрели многие хозяйства России, Украины и Казахстана (Курская область, Липецкая область, Запорожская область). В Ставропольском крае ООО Северокавказский Агропром в 2005 году обработала более 5000 га сельскохозяйственных угодий Петровского, Шпаковского, Труновского районов ресурсосберегающей техникой Horsch – Агро-союз.

Библиографический список

1. Земледелие без плуга // Новое сельское хозяйство. - №1. - 2002
2. Сохт, К.А. Машинные технологии возделывания зерновых культур / К.А. Сохт. - Краснодар. - 2001. - С. 271
3. Технология ресурсосберегающего земледелия // Для высоких урожаев. – № 4. – 2005
4. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2003. – С. 624

УДК 631.331

Нестеров К.Г., Кудрявцев И.В., Кулинич А.Н., Зубрилина Е.М.

Ставропольский государственный аграрный университет

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СЕЯЛОК ДЛЯ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

Данная статья представляет собой обзор существующих конструкций сеялок для пропашных культур. Раскрывает особенности зарубежных и отечественных машин, применяемых в сельском хозяйстве сегодня. Особое внимание авторы обращают на типы высевальных аппаратов, их достоинства и недостатки.

Статья будет полезна для студентов сельскохозяйственных вузов, менеджеров фирм производящих, распространяющих и реализующих сельскохозяйственную технику, а так же лицам, которые интересуются сеялками пропашных культур.

В настоящее время в России в связи с возрождением растениеводства и животноводства, большим спросом пользуются пропашные культуры.

В числе главных инструментов для получения высоких урожаев пропашных культур является качественный посев. На качество посева влияет множество параметров, основные из которых:

- норма высева;
- глубина заделки семян;
- равномерность распределения семян в рядке [2].

Качество вышеперечисленных параметров зависит от посевной техники.

На сегодняшний день производителями сеялок для посева пропашных культур являются отечественные (ОАО «АОМЗ», ОАО «Тодак», и др.) и зарубежные фирмы (John Deer, Kuhn, Massery Ferguson и др.).

Рассмотрим некоторые сеялки для посева пропашных культур.

Сеялку СУПН-6А применяют для посева и внесения минеральных удобрений отдельно от семян. Применяется для работы во всех почвенно-климатических зонах, кроме зоны горного земледелия. Сеялка оснащена унифицированной системой контроля технологических параметров посевных машин - УСК, которая позволяет механизатору контролировать процесс высева семян и уровень семян и минеральных удобрений в бункерах.

Сеялка СУПН-8-01 (рис. 1) выпускается с полосовидными комбинированными сошниками с раздельной заделкой семян и удобрений.

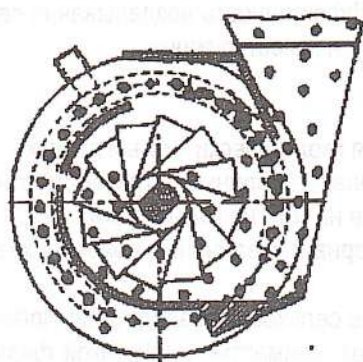


Рис. 1. Высевающий аппарат сеялки СУПН-8-01

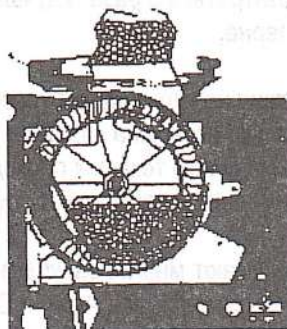


Рис. 2. Высевающий аппарат сеялки MF 555

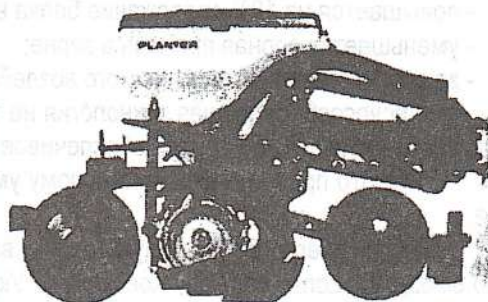


Рис. 3. Высевающий модуль сеялки Planter

Создание разрежения в высевающем аппарате обеспечивается газоструйным компрессором (эжектором), работающем на выхлопных газах трактора.

В сеялке применяются следующие высевающие аппараты:

- для высева семян - пневматические на принципе разрежения с вертикально расположенным диском - 8 шт.;
- для внесения минеральных удобрений - спирально-винтовые - 4 шт. [4].

Сеялка точного высева СУПП-8У предназначена для пунктирного посева кукурузы, подсолнечника, сои, сорго и бахчевых культур с точным однозерновым дозированием семян и обеспечением между ними строго заданного расстояния в рядке, снабжена пневмовакuumной системой и туковывсевающей системой для одновременного внесения в почву гранулированных минеральных удобрений. Дозирование семян высевающим аппаратом достигает уровня 95- 98%, высевающие диски аппарата выполнены из нержавеющей стали, имеют ровную торцевую поверхность и плотно прилегают к стенкам семенной камеры, в результате чего семена любых размеров (даже самых мелких овощных) не повреждаются в семенной камере и не высыпаются из неё. Один из брусьев несущей рамы является ресивером пневматической системы, что позволяет создавать в аппаратах разрежение одинаковой величины. В целях сглаживания динамических нагрузок и обеспечения более устойчивой глубины заделки семян в почву применен пружинный механизм догрузки зерновых секций. К сеялке СУПП-8У адаптирована система контроля высева «НИВА 23», которая обеспечивает электронный мониторинг более 10-ти показателей качества дозирования и распределения семян в рядках посева с мгновенным определением видов и количества нарушений процесса высева.

Также применяют сеялки точного высева с внесением удобрений СТУ-8, СТВ-6, которые предназначены для пунктирного высева семян кукурузы, фасоли, гороха, подсолнечника, сои, дражированных семян свеклы и других семян с минимальным размером 2,5 мм [1].

СПК-8 "Сибдон" имеет следующие преимущества: на сеялке установлены гидрофицированные маркеры, которые оставляют след для ориентира трактористу при вождении агрегата при обратном проходе;

привод вентилятора пневмосистемы осуществляется от ВОМ трактора; сеялка снабжена мембранным тягомером для контроля разряжения в пневмосистеме; сеялка комплектуется дисками для посева различных культур.

Сеялка MF 555 (рис. 2) производства Massery Ferguson для точного высева обеспечивает высокую точность распределения семян в рядке. Сменные высевальные диски позволяют высевать любые пропашные культуры. Имеется бортовой компьютер, осуществляющий контроль за работой сеялки.

Пропашная сеялка точного высева Mascara Futura производства John Deere подходит для высева как дражированных, так и обычных семян различных пропашных культур. Она может легко и быстро изменять частоту посева – для одного типа высевального диска с помощью редуктора можно установить 18 типов расстояний между семенами в ряду. Сеялка обеспечивает высокую точность укладки семян благодаря незначительной высоте их падения. Сеялка сконструирована по модульному принципу, и все высевальные секции, сошники и прикатывающие катки легко заменяемы.

Пропашные сеялки Monosem обеспечивают постоянный контроль работы благодаря монитору, установленному в кабине. Он помогает провести высева с минимальным количеством посевного материала [3].

Сеялка пунктирного высева OPTIMA была произведена Kverneland Accord, испытана Немецким Сельскохозяйственным Обществом при различных условиях и получила высокое признание. Она имеет телескопические рамы, боковые части которых при транспортировке гидравлически втягиваются. Направляющие телескопа подгоняются под междурядье. Одним высевальным диском можно выбрать 40 различных интервалов в ряду.

Сеялка Planter (рис. 3) фирмы Kuhn имеет механический принцип распределения семян. Это обеспечивает распределение дражированных семян равномерностью до 95 %. Восемнадцатирядная модель имеет складывающуюся раму для уменьшения транспортных размеров.

Сеялка оборудована специальным выравнивающим вакуумным каналом, распределение давления между катками дает возможность создавать идеальное посевное ложе. Быстрое изменение ширины междурядий и внесение удобрений вместе с посевом делают сеялку универсальной и улучшают условия произрастания семян [2].

Проведенный нами обзор показал, что основными способами дозирования семян пропашных культур являются пневматический и пневмомеханический. В основном производители занимаются модернизацией уже существующих машин. Серийных сеялок, основанных на принципе механического выноса семени из семенной камеры, у наших производителей нет. Существуют некоторые механические сеялки, но их использование требует дополнительной обработки семян, что также связано и с предварительными расходами. На наш взгляд, в производстве необходимо заполнить существующий пробел разработкой новых технологий универсальных сеялок с механическим способом работы. Такие машины будут иметь ряд существенных преимуществ, например, надежность, простота в применении и экономическая выгода.

Библиографический список

1. Вошедский Н. Пропашные культуры: проблемы фитосанитарии и их решение / Н. Вошедский // Деловой крестьянин. - №4. - 2004. - С. 18-54
2. Зайцев Н.Д. Уплотнение посевов и урожайность / Н.Д. Зайцев // Ежемесячный научно-производственный журнал. - №5. - 2001
3. Посев пропашных культур – от качества к прибыли // АгроМаркет. - №2. - 2005
4. Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колос, 2003. – С. 624

УДК 631.316

Горшенин Д.Ю., Плешков Е.Н., Симдянкин А.А.

Саратовский государственный университет им.Н.И. Вавилова

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ С АВТОКОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДЕЙСТВИЕМ ЩЕЛЕВАТЕЛЯ ПАССИВНОГО ТИПА

Основываясь на ранее выполненных производственных опытах по исследованию воздействия пассивных щелевателей на почву и выявленных недостатков, ставится задача создать рабочий орган пассивного типа с элементом автоколебательного действия для решения ряда проблем уменьшения тягового сопротивления агрегата, условия сползания растительных остатков и т.д. В настоящей статье представлена схема щелевателя пассивного типа с рабочим агрегатом автоколебательного действия, устройство, принцип работы, преимущества устройства над аналогами.

Известна конструкция шевелителя пассивного типа с рабочим органом автоколебательного действия [1-3]. При этом толщина ножа щелевателя должна обеспечивать наилучшую сформированность прорезываемой щели, наименьшее тяговое сопротивление рабочего органа, достигаемое за счет минимизации его толщины, а также максимальную силу скола почвенной стружки, что достигается за счет увеличения ширины ножа. Две зоны деформации грунта - зона рыхления и зона уплотнения - диктуют условия максимального заглубления ножа, его угол резания и угол заточки. Кроме того, форма лобовой поверхности щелевателя определяется минимизацией усилия на его вертикальное перемещение, условием сползания растительных остатков с фронтальной поверхности, а также условием заглубления щелевателя и вспучиванием почвы на дневную поверхность [4].

Выполнение столь противоречивых требований в едином механизме представляет собой довольно сложную инженерную задачу по поиску оптимальных геометрических размеров рабочих органов, обеспечивающих наилучшие условия проникновения воздуха и влаги в нижние горизонты почвы в течение определенного периода времени после проведения обработки.

Предлагаемая конструкция щелевателя предполагает распределение его функций по условиям формирования прорезываемой щели, сползания растительных остатков с фронтальной поверхности, а также заглубления щелевателя путем введения нескольких ножей (лапок), выполняющих узконаправленные задачи (рис. 1).

Щелеватель пассивного типа с рабочим органом автоколебательного действия состоит из основания 1, связанного посредством пружины 2 с корпусом 3, имеющим возможность совершать колебательные движения относительно оси 4. На корпусе 3 располагаются ножи (лапки) 5, 6, 7, при этом геометрические параметры ножа 5 (угол наклона α , толщина H_1) определяют форму прорезываемой щели с одновременным выполнением условия уплотнения боковой поверхности и эффективного сползания растительных остатков с фронтальной поверхности, а длина L_1 определяется зоной рыхления. Геометрические параметры ножа 6 (угол наклона $\beta > \alpha$, толщина $H_2 < H_1$) определяют минимизацию усилия на вертикальное перемещение, а длина L_2 определяется зоной уплотнения. Геометрические параметры ножа 7 (угол наклона 90° , толщина $H_3 < H_2$) определяют условия заглубления щелевателя, а глубина L_3 обеспечивает наилучшие условия проникновения воздуха и влаги в нижние горизонты почвы. При этом общая ширина щелевателя образуется суммированием ширин составляющих его ножей 5, 6, 7, что обеспечивает максимальную силу скола почвенной стружки.

Работа щелевателя пассивного типа с рабочим органом автоколебательного действия осуществляется следующим образом: после начала движения мобильного транспортного средства со скоростью v и первичного заглубления ножей 5, 6, 7, располагающихся на корпусе 3, начинается процесс резания почвенного слоя. При этом в процессе резания:

- нож 5 формирует размеры прорезываемой щели с одновременным уплотнением ее боковой поверхности, в тоже время фронтальная поверхность ножа 5 обеспечивает сползание растительных остатков;
- геометрические параметры ножа 6 минимизируют усилия на его вертикальное перемещение;
- размеры ножа 7 определяют условия максимального заглубления шевелителя.

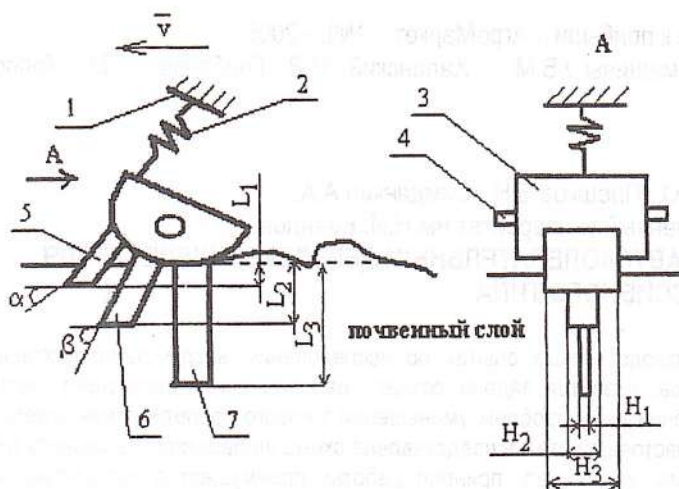


Рис. 1. Общий вид щелевателя

Ширины ножей 5, 6, 7 подобраны таким образом, чтобы сформировать оптимальную форму прорезываемой в почве щели, а сумма их длин позволяет, по сравнению с одним типовым ножом, максимизировать силу скола почвенной стружки.

При увеличении плотности почвы, а значит и силы резания, нож 7 пытается выглубиться, но силы, возникающие на ножах 5 и 6, заглубляют корпус щелевателя. Возникающее перемещение корпуса 3 по оси 4 относительно основания 1 компенсируется пружиной 2, настроенной на сохранение начальных углов ножей 5, 6, 7 щелевателя.

При снижении плотности почвы

нож 5 (или оба ножа 5 и 6) пытается выглубиться, но силы, возникающие на ноже 7, заглубляют корпус щелевателя. И в этом случае возникающее колебательное перемещение корпуса 3 по оси 4 относительно основания 1 компенсируется пружиной 2, настроенной на сохранение начальных углов ножей 5, 6, 7 щелевателя.

Библиографический список

1. Макарец И.К. Исследования и усовершенствования машин для мелиорации и осушения земель. / И.К. Макарец, К.Д.Синицын, Ю.А.Кузнецов // Труды ВИСХОМ, 1975. — 204 с.
2. Макарец И.К. Вибрационные щелеватели. / И.К. Макарец // Труды ВИСХОМ, 1975. — 207с.
3. Черненко В.Я., Брусиловский Ш.И. Глубокое рыхление осушаемых тяжелых почв. - М.: Колос, 1983. - 220 с.
4. Нугис Э.Ю. Обеспечение оптимального физического состояния почв путем рационального использования технических средств разноглубинной почвообработки: Дисс... на соискание ученой степени д-ра техн. наук. - Саку, 1986.

УДК 631.311

Бойков В.М., Бобков С.А., Пронин В.В.
Поволжская МИС

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДЛЯ МЕЛКОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ ПО ВЛАЖНОСТИ

В настоящее время наибольшее распространение в растениеводстве получают технологии сберегающего земледелия, основу которых составляют безотвальные методы обработки почвы. Поэтому создание для них почвообрабатывающих орудий способных работать как в нормальных, так и в экстремальных условиях является одной из актуальнейших задач современного сельхозмашиностроения.

Главная цель основной обработки почвы заключена в крошении пахотного слоя. Согласно основных теоретических положений механики разрушения, способ обработки почвы базируется на взаимодействии клина (двухгранного или трехгранного) с разрушаемой средой. При этом учет технологических свойств и состояний обрабатываемой среды предопределяет особую актуальность по разработке и созданию эффективного способа и технических средств.

В зоне Поволжья условия проведения основной обработки почвы в летне-осенний период характеризуются: в начальный период – высокой твердостью [1], а заканчивается – при высокой влажности почвы.

Для обоснования технологических параметров рассмотрим два наиболее известных способа безотвальной обработки почв в экстремальных условиях по влажности (высокой и низкой) – технологические процессы, выполняемые рабочими органами с наклоном стойки [2] и ярусное рыхление почвы, выполняемое последовательным проходом плоскорезного рабочего органа и щелереза [3].

Исследованиями [2] выявлено:

- применение рабочих органов с наклоном стойки в поперечно-вертикальной плоскости способствует созданию односторонней относительно стойки зоны рыхления обрабатываемого пласта;
- при обработке почвы рабочими органами наклонного типа происходит пересечение зон деформации;
- рельеф дна борозды после прохода рабочих органов с наклоном стойки имеет волнистый рельеф дна (рис.1).

Стойка с ножом

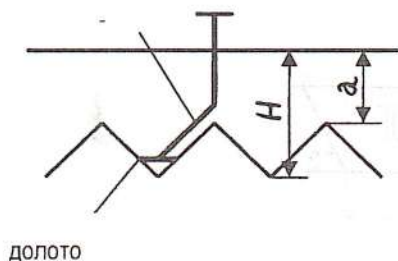


Рис.1. Профиль дна борозды: H – глубина хода долота; а - глубина сплошного рыхления верхнего слоя почвы

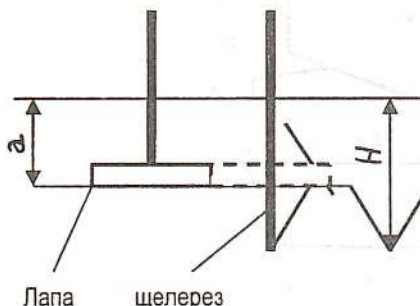


Рис.2 Профиль дна борозды при ярусном рыхлении почвы (последовательное рыхление пласта)

На рисунке 2 представлена технология ярусного рыхления уплотненных почв, сочетающая безотвальное рыхление плоскорезным рабочим органом и полосное почвоуглубление (щелевание) [3]. То есть, при обработке почв мы получаем равноценный (разноуглубленный) профиль по дну борозды как при проходах рабочих органов с наклоном стойки, так и плоскорезной лапы с щелерезом. Здесь мы не рассматриваем схему рабочего процесса: последовательного рыхления пласта сначала проходом щелереза, затем плоскорезной лапы, вследствие более высокой его энергоемкости.

Как видно из рисунков 1 и 2, преимущество за рабочим органом с наклоном стойки. Однако, его применение возможно только на глубоком рыхлении почвы и не пригодно для технологии мелкой обработки, пределы по глубине у которой – 8...16 см. Проблематично также применение одного плоскорезного рабочего органа на минимальной (до 10см) глубине обработки, из-за сгуживания почвы [4].

Для обоснования конструктивных параметров нового рабочего органа принимаем, с учетом преимуществ рассмотренных выше схем, следующий технологический процесс:

- сплошное рыхление на глубину $a=8...16$ см должно осуществляться рабочими органами плоскорезающего типа;
- при обработке почвы низкой влажности стойка рабочего органа должна активно участвовать в процессе рыхления пласта (аналогично рабочему органу с наклоном стойки). А это значит, что передние режущие грани лапы и стойки должны взаимодействовать с недеформированным пластом почвы;
- новый рабочий орган должен обеспечивать рыхление почвы в корнеобитаемом слое (при основной обработке почвы) и уничтожение сорной растительности (обработка пара), характеризуя этим его способность разрезать корневую систему, с целью исключения ее накопления на стойках в условиях высокой влажности.

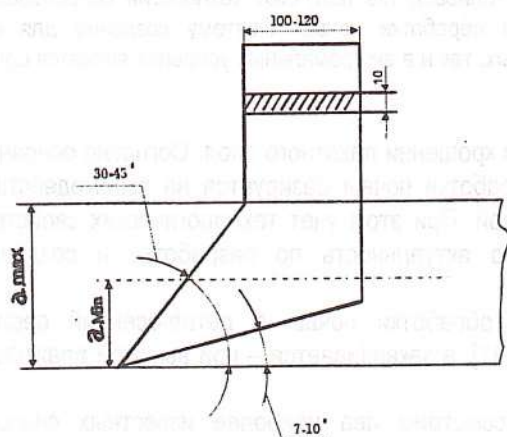


Рис. 3. Основные параметры ножа для вертикального резания пласта почвы

Известно, что на характер воздействия на почву лап оказывают влияние: ширина захвата в угол раствора 2γ , угол крошения β , угол заострения лезвия τ и ширина крыльев b и b_1 [5].

Ширину захвата принимаем из рекомендаций Зеленина А.Н. [6] по расстановке двух смежных вертикальных ножей – 30...40 см, работающих на глубине обработки до 20 см и не оказывающих взаимного влияния друг на друга.

На основании требований минимализации энергозатрат, при вертикальном резании, форма профиля ножа по Зеленину должна соответствовать следующим параметрам (рис.3).

На основании этих исследований и предлагаемому нами совмещению действия ножа и лапы, схема взаимодействия лапы с пластом претерпит существенные изменения (рис.4).

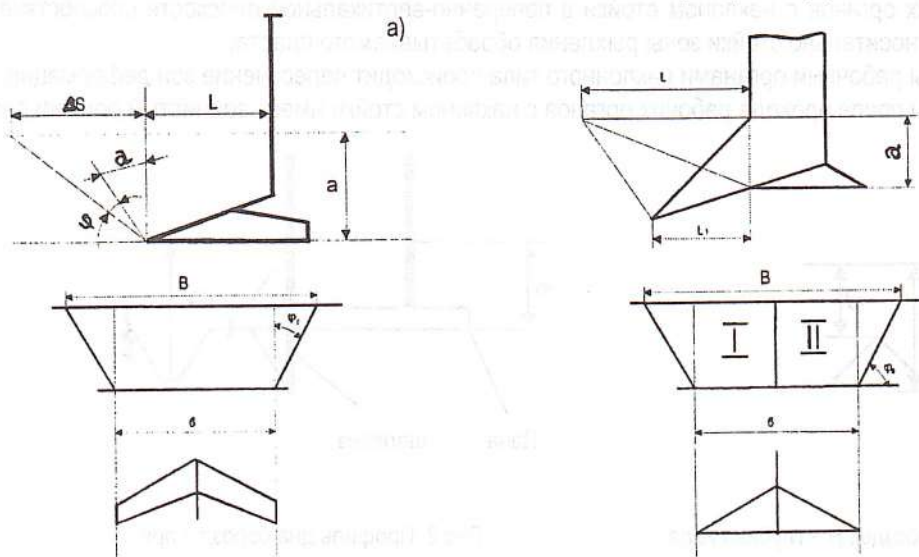


Рис.4. Схема взаимодействия лапы с пластом почвы: а) по В.С. Жегалову; б) по предлагаемому способу

Основные отличия:

- пласт почвы делится на две равные части (I и II);
- эти части приводятся в напряженное состояние действием ножа, рыхление которых потребует меньших затрат от действия лап для достижения предела прочности обрабатываемой среды при двухмерном сжатии.

Угол раствора 2γ определяем из зависимости [5]:

$$\gamma < (90^\circ - \varphi) \quad (1)$$

Условие (1) обеспечивает скользящее резание без обволакивания лезвий. Так как угол трения φ зависит от вида и состояния почвы (рыхлая, липкая, сухая) и может колебаться в широких пределах, принимаем максимальное значение угла φ , при котором угол раствора $2\gamma = 90^\circ$.

Угол крошения β принимаем согласно рекомендаций равным $\beta = 20^\circ$, а угол заточки лезвий лапы и ножа принимаем по типу – односторонняя с углом заострения $\tau = 30^\circ$ [7].

Библиографический список

1. Пронин В.В. Обоснование параметров рабочего органа рыхлительного типа для обработки почв низкой влажности и высокой твердости // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: Сб. науч. тр. - Самара, 2005. – вып. III. - С.143-146.
2. Орси́к Л.С. Теоретическое определение тягового сопротивления рабочих органов наклонного типа и обоснование их расстановки на раме орудия // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: Сб. науч. тр. – М., 1989. - Т. 120. – С. 78-86.
3. Кости́цын А.К., Пе́ц А.К. Снижение сопротивления почвообрабатывающих орудий при безотвальной обработке почвы // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: Сб. науч. тр. – М., 1989. - Т. 120. - С. 94-108.
4. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / под ред. Клецкина М.И. - М.: Машиностроение, 1967.
5. Сельскохозяйственные машины. Теория и технологический расчет / под ред. Турбина Б.Г. – Л.: Машиностроение, 1967.
6. Зеленин А.Н., Баловнев В.И., Керов И.П. Машины для земляных работ. - М.: Машиностроение, 1975. - 422 с.
7. Бурченко П.Н. Основные технологические параметры почвообрабатывающих машин нового поколения // Теория и расчет почвообрабатывающих машин: Сб. науч. тр. – М., 1989. - Т. 120. - С. 12-44.

УДК 631.311

Бойков В.М., Бобков С.А., Пронин В.В.

Поволжская МИС

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ НОВЫХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА

В статье приводятся результаты исследований моделей рабочих органов комбинированного типа для безотвальной обработки почвы.

На Поволжской МИС в лабораторных условиях нами был исследован ряд моделей комбинированных рабочих органов – для безотвальной обработки почвы как одностороннего, так и двухстороннего действия, параметры которых представлены в таблицах 1 и 2.

По результатам проведенных лабораторных исследований можно сделать следующие выводы:

- процесс движения отдельных элементов пласта, после разрушения односторонними лапами моделей №1...5, и его сход происходит без его перемешивания – это необходимое условие по достижению требования достижения высокой степени сохранности стерни на поверхности поля;
- проход модели №7 вызывает более интенсивную деформацию среды по следу стойки, вследствие формирования уплотненного ядра при взаимодействии носовой части лапы и стойки (рис. 1)
- добиться эффекта резания в вертикальной плоскости без образования уплотненного ядра удалось изменением (выдвижением вперед) режущей грани стойки в модели №8.
- исследованиями модернизированной модели №8 был выявлен эффект последовательного расширения зоны деформации, так называемой «второй волны», при увеличении рабочей ширины захвата модели. Другими словами – комбинированный рабочий орган, реализуя последовательное воздействие на пласт: сначала вертикальным ножом обеспечивает разделение пласта на две части, придавая этим частям

Таблица 1

Основные параметры моделей экспериментальных односторонних рабочих органов

Показатели	Тип рабочего органа				
	Рыхлительные	Плоскорежущие односторонние			
Номер модели	1	2	3	4	5
Рабочая ширина захвата, мм	80	130	130	115	120
Длина лезвия, мм: - правостороннего действия - левостороннего действия	90; 90 130; 130	110 88	115 80	125 50	160 38
Расстояние между следами стойки и носовой части по ходу лапы, мм	40	77	65	50	30
Расстояние от передней грани стойки до носовой части лапы, мм	25	45	50	5	25
Угол раствора лапы, град.	50	80; 125	90	115	85
Угол наклона передней части стойки к горизонтальной плоскости поверхности поля, град.	60	60	90	90	90
Угол подъема режущей грани, град	60	60	90	90	90
Угол увода вертикальной режущей грани относительно передней грани стойки	70	-	-	-	-
Угол зазора, град	10	10	10	10	10
Схема модели: Вид спереди					
Вид сверху					

Таблица 2

Основные параметры моделей экспериментальных двухсторонних рабочих органов

Показатели	Рабочий орган			
	Комбинация из двух односторонних	Лапа плоскорежущая с разделением поверхности лапы на две части стойкой	Комбинация плоскорежущей лапы с вертикально расположенным ножом, выдвинутого впереди лапы	Модернизированный образец модели №8 с увеличенной шириной захвата
Номер модели	6	7	8	9
Рабочая ширина захвата, мм	240	240	240	300
Длина лезвия, мм: - правостороннего действия - левостороннего действия	198 198	170 170	170 170	223 223
Расстояние между следами стойки и носовой части по ходу лапы, мм	+30 -30	Совпадение следов		
Расстояние от передней грани стойки до носовой части лапы, мм	25	Исходят из одной точки	80	80
Угол раствора лапы, град.	85; 85	90	90	90
Угол подъема передней части стойки, град.	90	60	90	90
Угол подъема передней грани вертикально разрезающего ножа, град	-	65	60 100	60 100
Высота носовой части, мм	-	-	Не предусмотрен	
Угол свода, град	110	Не предусмотрен		
Схема модели: Вид спереди				
Вид сверху				

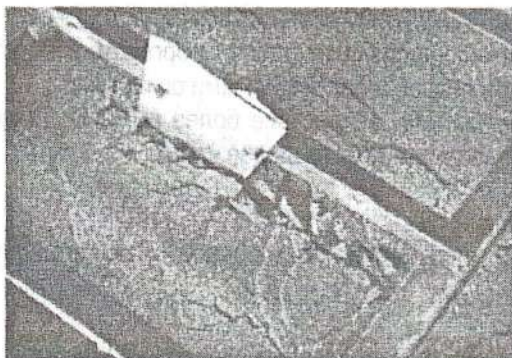


Рис. 1. Взаимодействие модели экспериментального рабочего органа №7 с деформируемой средой почвенного канала

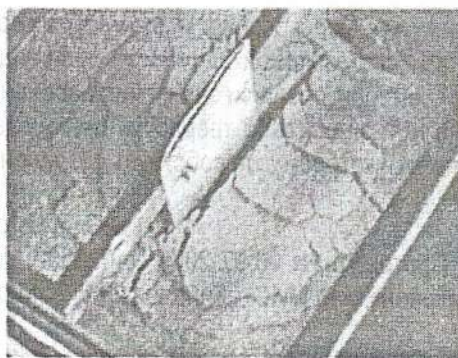


Рис.2. Взаимодействие модели модернизированного рабочего органа №8 со средой почвенного канала

напряженное состояние в зоне контакта с частями лап, близких к стойке, затем эти части подрезаются и разрушаются в следующей последовательности – сначала близкой к стойке, затем по краям лап (рис.2).

На основании результатов исследований моделей были изготовлены экспериментальные рабочие органы (рис. 3 и 4), которые устанавливались на экспериментальное орудие для проверки их работоспособности.

Оценка работоспособности новых рабочих органов проводилась при лабораторно-полевых исследованиях на агрофоне, оптимальном по влажности и твердости почвы, на котором получено равноценное качество крошения. Оценка энергоемкости, выполняемого ими процесса безотвального рыхления почвы на этом фоне, выявила преимущество плоскорежущей лапы с наклонной стойкой, как на минимальной (рис.5), так и максимальной глубинах обработки (рис.6)



Рис.3 Экспериментальный рабочий орган плоскорежущего типа выполненный по схеме модели №4



Рис.4 Экспериментальный рабочий орган плоскорежущего типа выполненный по схеме модели №7

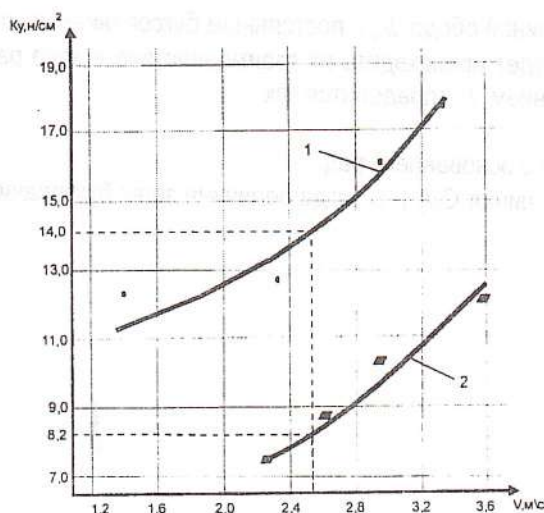


Рис.5. Зависимость удельного тягового сопротивления K_y исследуемых рабочих органов от скорости движения V , на установочной глубине обработки 8 см:
1 – лапа с вертикальным ножом; 2 – лапа с наклонной стойкой

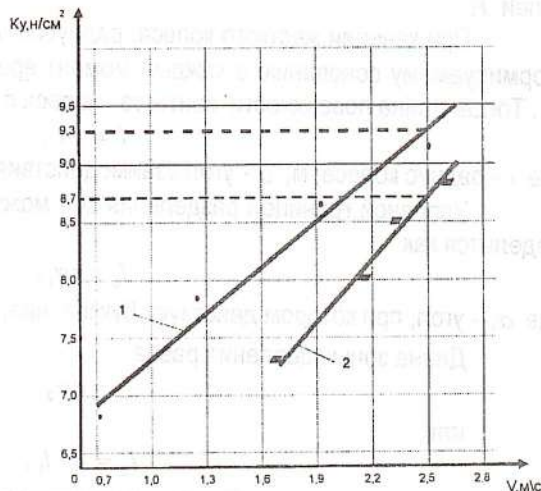


Рис.6. Зависимость удельного тягового сопротивления K_y исследуемых рабочих органов от скорости движения V , на установочной глубине обработки 16 см:
1 – лапа с вертикальным ножом; 2 – лапа с наклонной стойкой

Оценка работоспособности этих рабочих органов в экстремальных условиях показала:

- на почвах высокой влажности преимущество за комбинированным рабочим органом, вследствие незначительного накопления и залипания рабочей поверхности почвой и растительными остатками;
- на почвах высокой твердости преимущество так же за ним, вследствие более высокого качества крошения почвы, которому способствует разделение обрабатываемого пласта на две части.

Библиографический список

1. Протокол № 08-97-2005 (4020552) приемочных испытаний почвообрабатывающего орудия ПБО-4,5. / Поволжская МИС – Кинель, 2005. - 48 с.

УДК 631.312.62

Мусин Р.М., Мингалимов Р.Р.

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ДВИЖИТЕЛЕЙ С ЭКСЦЕНТРИКОВЫМ БАРАБАНОМ

Рассмотрено качение жесткого колеса по упругому основанию, где поверхность контакта колеса с основанием можно разделить на зону буксования (ОА), когда поверхность контакта колеса проскальзывает относительно поверхности основания в противоположную сторону и на зону сцепления (АВ), когда на некоторой части поверхности контакта колеса нет относительных перемещений поверхностных элементов контактируемых тел и определены оптимальные размеры активного опорного колеса-рыхлителя.

Одним из способов повышения эффективности использования машинотракторных агрегатов является увеличение тягово-сцепных свойств колесного движителя. Для достижения этой цели применяются дополнительные устройства, устанавливаемые на тракторные движители, например, полугусеничный ход, съемные цепи противоскольжения и т.п. Достаточно широко применяется способ спаривания колес, изменение давления воздуха в шинах.

При анализе работы жесткого колеса по деформируемому основанию примем следующие допущения:

- 1) основание, по которому происходит качение колеса, является однородным и имеет только пластические деформации;
- 2) скорость качения постоянна и мала, и, следовательно, можно пренебречь силами инерции, возникающими при прессовании поверхности качения;
- 3) поверхность, ограничивающая основание, является горизонтальной.

Определим длину поверхности контакта колеса с основанием L (рис. 1), зоны буксования l_1 , зоны сцепления l_2 , а также координаты точки разделения зон (т. А) с учетом величины буксования δ и глубины колеи H .

При качении жесткого колеса, радиусом r и шириной обода b , с постоянным буксованием δ по деформируемому основанию в каждый момент времени будет происходить их взаимодействие в зоне равной L . Тогда длина поверхности контакта колеса с основанием L определится как

$$L = r\alpha, \quad (1)$$

где r - радиус колеса, м; α - угол взаимодействия колеса с основанием, рад.

Условной границей разделения зон может быть линия O_2A [1]. Тогда величина зоны буксования определится как

$$l_1 = r\alpha_1, \quad (2)$$

где α_1 - угол, при котором действует буксование, рад.

Длина зоны сцепления равна

$$l_2 = r\alpha_2 \quad (3)$$

или

$$l_2 = L - l_1, \quad (4)$$

где α_2 - угол, при котором происходит сцепление, рад.

Найдем углы $\alpha, \alpha_1, \alpha_2$.

Угол α определим по теореме косинусов из равнобедренного треугольника OO_1B , предварительно определив основание $BO = \sqrt{2rH}$ из прямоугольного треугольника OO_3B , с учетом, что $OO_1 = O_1B = r$, $OO_3 = H$, после преобразований получим:

$$\cos \alpha = \frac{r-H}{r}, \quad (5)$$

откуда

$$\alpha = \arccos \left(1 - \frac{H}{r} \right) \quad (6)$$

где H - глубина колеи [2], м:

$$H = \frac{\sigma_0}{k} \left(\frac{1}{1 - \frac{p}{\sigma_0}} \right) \left(\frac{1 + \delta}{1 - \frac{\delta}{2}} \right) \operatorname{arctg} \frac{p}{\sigma_0}, \quad (7)$$

где σ_0 - предел прочности на одноосное сжатие, МПа; k - коэффициент объемного смятия, Н/м³; p - давление движителя, МПа.

Угол α_1 определим из прямоугольного треугольника O_1O_2A , учитывая, что $OO_1 = O_1B = r$, $O_1O_2 = r_k$, получим:

$$\alpha_1 = \arccos \frac{r_k}{r}, \quad (8)$$

где r_k - радиус качения, м:

$$r_k = r(1 - \delta),$$

где δ - коэффициент буксования:

$$\delta = \frac{n_{KP} - n_{KH}}{n_{KP}}, \quad (9)$$

где n_{KP} - среднее значение суммарной частоты вращения ведущих колес за опыт под нагрузкой, об/мин; n_{KH} - среднее значение суммарной частоты вращения ведущих колес за опыт на холостом ходу (на том же пути), об/мин.

Преобразуем уравнение (8), подставив значение r_k :

$$\alpha_1 = \arccos(1 - \delta). \quad (10)$$

Угол α_2 определится как

$$\alpha_2 = \alpha - \alpha_1. \quad (11)$$

За начало координат примем точку O . Параметрическое уравнение окружности в системе координат

$$\begin{cases} x = r \cdot \sin \alpha \\ y = r(1 - \cos \alpha) \end{cases},$$

тогда для точки A (рис. 1), с учетом уравнения (10), координаты x и y равны

$$\begin{aligned} x &= r \cdot \sin \alpha_1 \\ y &= r\delta \end{aligned} \quad (12)$$

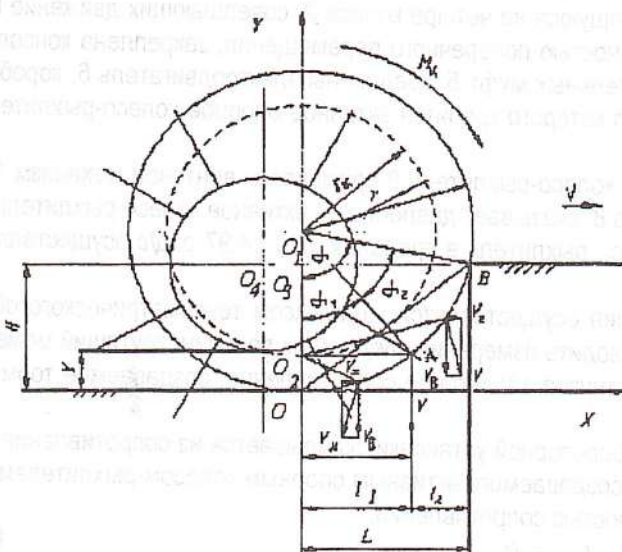


Рис.1 Схема активного опорного колеса-рыхлителя

са, а опорное колесо, в свою очередь, приводится в движение от вала отбора мощности трактора; шарнирно

Повышение тягово-сцепных свойств колеса можно добиться уменьшением буксования. Для этого необходимо повысить сцепление колеса с почвой с помощью рыхлителей, которые будут взаимодействовать с почвой в зоне буксования α_1 (рис. 1), создавая силы, препятствующие пробуксовке колеса. Для выполнения данного процесса взаимодействия рыхлителя с почвой наиболее рациональным будет использование в конструкции колеса - эксцентриковый барабан, с помощью которого можно обеспечить перемещение рыхлителя по необходимому закону движения.

Конструкция рабочего органа движителя должна предусматривать следующее: получать привод от опорного колеса,

закреплена на барабане; расположена эксцентрично относительно оси вращения, то есть обеспечивать заданную глубину внедрения рабочих органов, их фиксацию в произвольном положении.

Активное колесо-рыхлитель работает следующим образом. При движении активного опорного колеса-рыхлителя, приводимого в движение от вала отбора мощности трактора, рабочие органы - рыхлители, жестко соединенные с ободом опорного колеса, начинают взаимодействовать с почвой в осевом направлении в начале зоны буксования (достигнув угла α_1) и будут совершать движение по удлиненной циклоиде.

Как только рыхлители войдут в контакт с почвой, то в зоне их контакта начнут создаваться силы сопротивления, препятствующие буксованию активного колеса-рыхлителя, и одновременно будет производиться рыхление по его следу. Такие условия создадут возможность снижения буксования активного опорного колеса-рыхлителя с одновременным рыхлением почвы по его следу.

Исходя из конструктивных особенностей культиватора КРН – 4,2 и режима его работы оптимальным радиусом колеса-рыхлителя будет значение радиуса $r = 23,2$ см, коэффициент буксования $\delta = 0,15$, тогда $\alpha = 42^\circ$, $\alpha_1 = 31^\circ$, $\alpha_2 = 9^\circ$, координаты равны: $x = 11,9$ см, $y = 3,48$ см.

Библиографический список

1. Полетаев Ф.А. Основы теории сопротивления качению и тяги жесткого колеса по деформируемому основанию. - М.: Машиностроение, 1971. – 68 с.
2. Тракторы. Теория: Учебник для студентов вузов по спец. «Автомобили и тракторы» / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов и др.; Под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.

УДК 631.312.62

Мингалимов Р.Р.

ОБЩАЯ МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КУЛЬТИВАТОРНОГО АГРЕГАТА С АКТИВНЫМ ПРИВОДОМ ОПОРНЫХ КОЛЕС

Планирование многофакторного эксперимента позволяющего выявить силу влияния каждого из факторов на развитие явления, оценить роль возможных взаимодействий между ними и отыскать оптимальное сочетание действующих факторов.

Основными направлениями исследований культиваторного агрегата с активными колесами-рыхлителями является изучение влияния различных факторов на энергетические и силовые показатели, а также установление оптимальных параметров для эффективной эксплуатации.

Для осуществления программы исследований и проверки теоретических предпосылок была разработана и изготовлена лабораторная и полевая экспериментальные установки.

Лабораторная установка (рис.1) включает почвенный канал, активное опорное колесо-рыхлитель, установленное на тензометрической тележке, тормозной механизм и тензометрическую станцию. Тензометрическая тележка представляет собой раму 1, опирающуюся на четыре колеса 2, совершающих движение по рельсам 3. На тележке шарнирно, а также с возможностью поперечного перемещения, закреплена консольная рама 4, на которой соосно, с помощью соединительных муфт 5, соединены электродвигатель 6, коробка передач 7 и червячный редуктор 8, на выходной вал которого крепится активное опорное колесо-рыхлитель 9.

Для создания догрузки на активное опорное колесо-рыхлитель 9 применяем винтовой механизм 10, который через пружину, корпус червячного редуктора 8, оказывает давление на активное колесо-рыхлитель.

Изменение угловой скорости активного колеса-рыхлителя в пределах 0,78...4,97 рад/с осуществляет коробка передач и червячный редуктор.

Регистрация основных параметров измерения осуществляется комплексом тензометрического оборудования. Лабораторная установка позволит производить измерения следующих величин: крутящий момент на активном колесе-рыхлителе, с помощью тензодатчиков 13; тяговое сопротивление, создаваемое тормозным механизмом, с помощью тензозвена 14.

В общем случае, тяговое сопротивление лабораторной установки складывается из сопротивления её перекатыванию и технологического сопротивления, создаваемого активным опорным колесом-рыхлителем.

Движущая сила при этом определяется разностью сопротивлений:

$$P_{дв} = P_{под} - P_{xx}, \quad (1)$$

где $P_{под}$ - суммарное сопротивление движению тележки с активным опорным колесом-рыхлителем; P_{xx} - сопротивление движению тележки без активного опорного колеса-рыхлителя.

Составляющие уравнения (1) определяем методом плоскостного динамометрирования тяговым динамографом КЭД 12 с пределом измерения до 5 кН. Так, силу $P_{\text{проб}}$ определяем динамометрированием тележки при осуществлении активным опорным колесом-рыхлителем технологического процесса обработки почвы в режиме движителей.

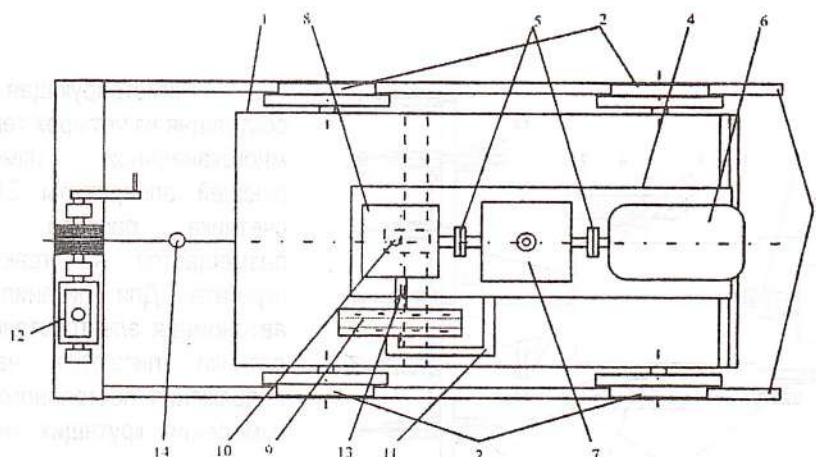


Рис.1 Схема лабораторной установки:

- 1 - рама; 2 - колеса; 3 - рельсы; 4 - рама консольная; 5 - муфты соединительные;
6 - электродвигатель; 7 - коробка передач; 8 - редуктор червячный; 9 - активное колесо-рыхлитель;
10 - винтовой механизм; 11 - рычаг с кулачком; 12 - механизм тормозной; 13 - тензодатчик; 14 - тензозвено

Сигналы от датчиков регистрируем осциллографом на осциллографической фотобумаге.

Для проведения полевых испытаний создана мобильная экспериментальная установка на базе агрегата в составе трактора Т-25А и культиватора КРН-4,2. Привод активных опорных колес-рыхлителей – механический, от независимого ВОМ трактора. В основу полевого эксперимента заложены стандартные методики испытаний (ГОСТ 7057-81; ГОСТ 23738-85; ГОСТ 23729-85) [1,2,3].

При проведении полевых экспериментальных исследований культиваторного агрегата с активными опорными колесами-рыхлителями оптимизируются следующие параметры:

I. На основе тензометрирования:

- момент сопротивления на валу двигателя - M_C ;
- момент на полуосях ведущих колес трактора - $M_{Kл}$; M_{Kn} ;
- моменты на полуосях активных опорных колесах-рыхлителях культиватора - $M_{Mл}$; M_{Mn} ;
- нормальные реакции почвы на активных опорных колесах-рыхлителях культиватора - Y_K ; Y_M ;
- момент на валу отбора мощности - $M_{ВОМ}$;
- тяговое усилие на крюке трактора - P_{KP} ;
- суммарное тяговое усилие агрегата - R .

II. Дополнительно замеряем дискретные параметры:

- частота вращения вала двигателя - ω_C ;
- частота вращения ведущих колес трактора - $\omega_{Kл}$; ω_{Kn} ;
- частота вращения активных опорных колесах-рыхлителях культиватора - $\omega_{Mл}$; ω_{Mn} ;
- частота вращения путеизмерительного колеса - ω_V ;
- расход топлива за опыт - Ge ;
- время опыта - T .

III. В журнале наблюдений будем регистрировать:

- температура окружающей среды - t° ;
- давление воздуха - B_O ;
- твердость почвы - K_n ;
- плотность почвы - ρ_n ;
- плотность топлива - ρ_T ;
- влажность почвы - W_n ;

- давление воздуха в шинах ведущих колес агрегата при статической нагрузке- $\rho_{Кл}; \rho_{Кл}; \rho_{Мл}; \rho_{Мл};$
- давление масла в двигателе $\rho_{Мс};$
- температура воды в системе охлаждения $t_{в};$
- передаточные отношения привода активного опорного колеса-рыхлителя культиватора и трансмиссии трактора $i_{пр}; i_{ТР}.$

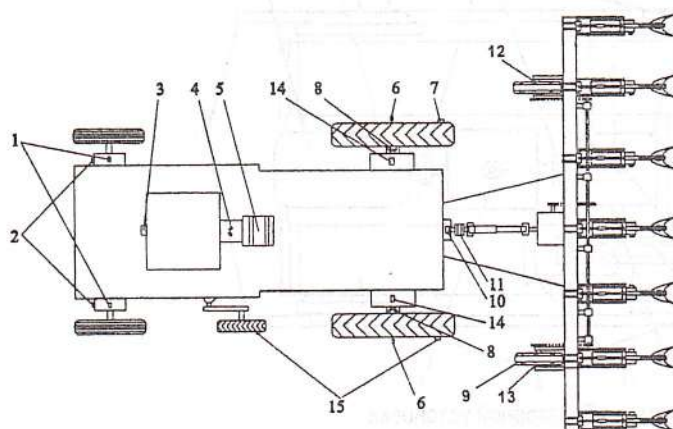


Рис.2. Общая схема расположения мест регистрируемых параметров: 1, 2, 4, 8, 10, 12, 13, 14 - тензометрические датчики; 5 - струнный токосъемник; 6 - ртутно-амальгированные токосъемники; 3, 7, 9, 11, 15 - индуктивные датчики

Крутящие моменты на ведущих колесах трактора и культиватора измеряются с помощью тензодатчиков, наклеенных непосредственно на полуоси ведущих колес. Съем сигналов осуществляется концевыми ртутно-амальгированными токосъемниками ТРАК-4 и ТРАК-12.

Суммарное тяговое усилие агрегата измеряется тензозвеном (максимальное усилие – 30 кН).

Нормальные реакции почвы на ведущие колеса трактора определяются с помощью тензометрических датчиков, установленных на кожухе полуосей.

Действительная скорость движения тягово-приводного агрегата определяется посредством путеизмерительного колеса (рис. 2) .

Расход топлива определяется с помощью объемного расходомера топлива ИП-179, выходные сигналы которого фиксируются на одном из каналов малогабаритной аппаратуры ЭМА-ПМ.

Момент сопротивления на валу двигателя измеряется посредством проволочных тензодатчиков сопротивления. Для снятия разбаланса используется струнный токосъемник.

Предложенная нами методика позволит определить оптимальные параметры эксплуатации культиваторного агрегата с активным приводом опорных колес.

Библиографический список

1. Астафьев М.И. и др. Экспериментально-расчетный метод определения эксплуатационно-технологических показателей тракторов // Тракторы и сельхозмашины. – 1976. - №5. – С. 7-9
2. Ксенович И.П., Скотников В.А., Ляско М.Н. Ходовая система – почва – урожай. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.: ил.
3. Маркова Е.В., Лисенков А.Н. Планирование эксперимента в условиях плодородности. - М.: Наука, 1973. – 248 с.

УДК 631.331.022.

Краснов С.В.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АНАЛИЗУ ПРОЦЕССА ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН ВЫСЕВАЮЩИМ АППАРАТОМ С ЭЛАСТИЧНЫМ ДИСКОМ

Рассмотрено теоретическое обоснование процесса дозирования семян высевающим аппаратом гравитационного действия с эластичным диском, с формированием равномерного исходного потока семян.

Анализ существующих высевальных аппаратов и различных устройств для посева семян [1] показывает, что целесообразным является использование высевальных аппаратов гравитационного действия, где гравитационное истечение обеспечивается наличием в аппарате эластичного высевального элемента. Они позволяют с минимальным воздействием на семенной материал доставлять его от бункера к высевальному окну, и за счет изменения скорости послойного движения позволяют получить равномерный исходный поток.

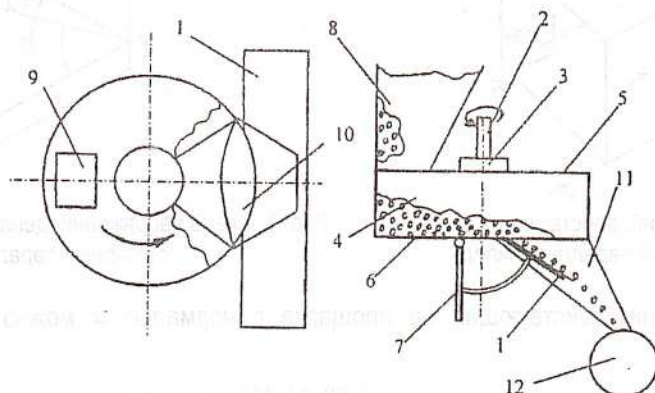


Рис. 1. Схема высевального аппарата

Большая часть исследований по вопросам движения дозируемого материала показывает, что они основаны либо на аналогии перемещения материала с перемещением рабочего органа с введением поправочных коэффициентов, либо на изучении перемещения материальной точки, с перенесением законов на весь поток материала, либо на использовании законов гидродинамики.

На кафедре механики и инженерной графики Самарской ГСХА разработан аппарат (рис. 1), технологический процесс посева которого можно разделить на два этапа:

- 1) транспортировка семян эластичным диском, из под бункерного пространства к высевному окну;
- 2) движение семян по наклонному желобу.

Технологический процесс отбора и дозирования семян осуществляется следующим образом.

При вращении приводного вала на высевальном диске 1, между стаканом 3 и поясом 4, формируется слой семян, поступающих из бункера 8, через окно 9, в крышке 5. При проходе над проемом 10, высевальный диск взаимодействует с отгибющим элементом 7 и формирует ровный наклонный желоб. При этом между кромкой высевального диска и периферийной кромкой проема образуется высевное окно, через которое с высевального диска под действием гравитации и центробежных сил семена подаются через воронку 11 в распределитель 12 и далее к заделывающим рабочим органам.

Основное назначение высевального аппарата создание непрерывного и равномерного исходного потока семян в соответствии с заданной подачей. Равномерный исходный поток обеспечивается при условии: если при определенном угле отклонения эластичного диска получается линейное изменение градиента скорости по высоте слоя, при котором происходит безостановочное движение с послойным сдвигом.

Материал, перемещающийся под воздействием рабочих органов транспортирующих устройств, находится в сложно-напряженном состоянии. В связи с этим большой интерес представляет изучение его динамики с применением закономерностей механики сыпучих материалов [2].

Уравнения движения материальной точки под воздействием сил и реакций связей могут быть записаны в декартовой системе координат:

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= \Sigma X_i + \Sigma \xi_{xi}, \\ m\ddot{y} &= \Sigma Y_i + \Sigma \xi_{yi}, \\ m\ddot{z} &= \Sigma Z_i + \Sigma \xi_{zi}, \end{aligned} \quad (1)$$

где x, y, z – координаты точки;

X_i, Y_i, Z_i – проекции сил и реакций связей на соответствующие оси координат;

$\xi_{xi}, \xi_{yi}, \xi_{zi}$ – проекции случайных, независимых, кратковременно действующих сил.

Для изучения движения сыпучих материалов рассмотрим мысленно вырезанный из напряженного тела параллелепипед, ребра которого спроектированы по координатным осям (рис. 2). Действующие на него связи со стороны отсеченной части материала заменяем их реакциями. На каждую грань элементарного параллелепипеда воздействуют нормальные напряжения (с одной стороны параллелепипеда – $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$, с противоположной стороны – $\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$) и два взаимно-перпендикулярных касательных напряжения (с одной стороны – $\tau_{xy}, \tau_{yx}, \tau_{xz}, \tau_{zx}, \tau_{yz}, \tau_{zy}$, с противоположной – $\tau'_{xy}, \tau'_{yx}, \tau'_{xz}, \tau'_{zx}, \tau'_{yz}, \tau'_{zy}$).

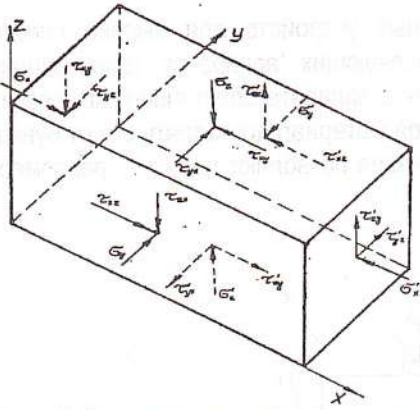


Рис. 2. Схема напряжений, действующих на элемент прямоугольный параллелепипед

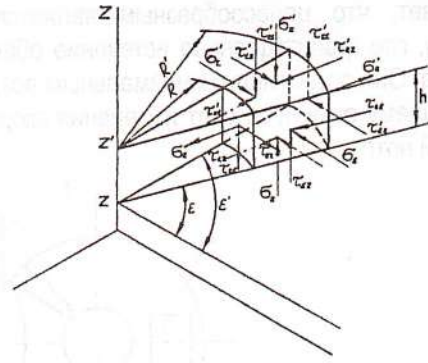


Рис. 3. Схема напряжений, действующих на элемент секторный параллелепипед

Вектор напряжений, действующий на площадке с нормалью $\mathbf{x}$ можно представить следующим образом:

$$S_x = \sigma_x \bar{i} + \tau_{xy} \bar{j} + \tau_{xz} \bar{k}. \quad (2)$$

Аналогично

$$S_y = \tau_{yx} \bar{i} + \sigma_y \bar{j} + \tau_{yz} \bar{k},$$

$$S_z = \tau_{zx} \bar{i} + \tau_{zy} \bar{j} + \sigma_z \bar{k}.$$

Совокупность величин, образующих матрицу напряжений, является тензором напряжений:

$$\Sigma_1 = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix} \quad \Sigma_2 = \begin{bmatrix} \sigma'_x & \tau'_{xy} & \tau'_{xz} \\ \tau'_{yx} & \sigma'_y & \tau'_{yz} \\ \tau'_{zx} & \tau'_{zy} & \sigma'_z \end{bmatrix}. \quad (3)$$

Движение выделенного элемента осуществляется за счет разности напряжений, приложенных к различным плоскостям элемента, поэтому оно обусловлено следующим тензором напряжений:

$$\Sigma = \Sigma_2 - \Sigma_1 = \begin{bmatrix} \sigma'_x - \sigma_x & \tau'_{xy} - \tau_{xy} & \tau'_{xz} - \tau_{xz} \\ \tau'_{yx} - \tau_{yx} & \sigma'_y - \sigma_y & \tau'_{yz} - \tau_{yz} \\ \tau'_{zx} - \tau_{zx} & \tau'_{zy} - \tau_{zy} & \sigma'_z - \sigma_z \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Для изучения динамики движения сыпучих материалов в цилиндрической системе координат (рис. 3) выделим мысленно вырезанный из напряженного тела секторный параллелепипед, ребра которого направлены по координатным осям. Действующие на него связи со стороны напряженной части материала заменяем реакциями. На каждую грань секторного параллелепипеда воздействуют нормальные напряжения (с одной стороны $\sigma_R, \sigma_\varepsilon, \sigma_z$, с противоположных $-\sigma'_R, -\sigma'_\varepsilon, -\sigma'_z$) и два взаимно-перпендикулярных касательных напряжения (с одной стороны $\tau_{R\varepsilon}, \tau_{\varepsilon R}, \tau_{Rz}, \tau_{zR}, \tau_{\varepsilon z}, \tau_{z\varepsilon}$, с противоположной $\tau'_{R\varepsilon}, \tau'_{\varepsilon R}, \tau'_{Rz}, \tau'_{zR}, \tau'_{\varepsilon z}, \tau'_{z\varepsilon}$). Первый индекс, как и в прямоугольной системе координат указывает направления касательных напряжений по соответствующей оси координат, второй – принят для обозначения плоскости, в которой действует касательное напряжение.

В цилиндрической системе уравнения (1) будут иметь вид:

$$\begin{aligned} m \left[\frac{d^2 R}{dt^2} - R \left(\frac{d\varepsilon}{dt} \right)^2 \right] &= \sum_i F_{Ri} + \sum_i \xi_{Ri}, \\ m \frac{1}{R} \frac{d}{dt} \left(R^2 \frac{d\varepsilon}{dt} \right) &= \sum_i F_{\varepsilon i} + \sum_i \xi_{\varepsilon i}, \\ m \frac{d^2 z}{dt^2} &= \sum_i F_{zi} + \sum_i \xi_{zi}, \end{aligned} \quad (5)$$

где R, ε, z – цилиндрические координаты точки;

$F_{Ri}, F_{\varepsilon i}, F_{zi}$ – проекции сил и реакций связей на соответствующие оси координат;

$\xi_{Ri}, \xi_{\varepsilon i}, \xi_{zi}$ – проекции случайных сил на соответствующие оси координат.

Движение выделенного элемента осуществляется за счет разности напряжений, приложенных к различным плоскостям элемента, поэтому оно обусловлено следующим тензором напряжений:

$$\Sigma = \begin{pmatrix} \sigma'_R - \sigma_R & \tau'_{Re} - \tau_{Re} & \tau'_{Rz} - \tau_{Rz} \\ \tau'_{eR} - \tau_{eR} & \sigma'_e - \sigma_e & \tau'_{ez} - \tau_{ez} \\ \tau'_{zR} - \tau_{zR} & \tau'_{ze} - \tau_{ze} & \sigma'_z - \sigma_z \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Силы действующие на элемент в направлении осей, таким образом, будут:

$$\begin{aligned} F_R &= \iint_{F_1} (\sigma'_R - \sigma_R) R d\epsilon dz + \iint_{F_2} (\tau'_{Re} - \tau_{Re}) dR dz + \iint_{F_3} (\tau'_{Rz} - \tau_{Rz}) R dR d\epsilon, \\ F_e &= \iint_{F_1} (\tau'_{eR} - \tau_{eR}) R d\epsilon dz + \iint_{F_2} (\sigma'_e - \sigma_e) dR dz + \iint_{F_3} (\tau'_{ez} - \tau_{ez}) R dR d\epsilon, \\ F_z &= \iint_{F_1} (\tau'_{zR} - \tau_{zR}) R d\epsilon dz + \iint_{F_2} (\tau'_{ze} - \tau_{ze}) dz dR + \iint_{F_3} (\sigma'_z - \sigma_z) R dR d\epsilon, \end{aligned} \quad (7)$$

где F_1 – площадка, нормальная к оси R ;

F_2 – площадка, нормальная к оси ϵ ;

F_3 – площадка, нормальная к оси z .

Масса выделенного элемента:

$$m = \iiint_V \gamma R dR d\epsilon dz, \quad (8)$$

где V – объем выделенного элемента;

γ – плотность.

Мы получим уравнение пропускной способности на первом этапе дозирования:

$$\Pi_1 = \gamma \int_0^b \int_0^h \left[v_0 - \frac{gtf_1\epsilon_1(h-z) + bf_2}{b} \right] dz dy = \gamma bh \left[v_0 - gt(f_1 + 2f_2 \frac{h}{b} \epsilon_1) \right]. \quad (9)$$

Скорость семенного потока на первом этапе будет определяться из следующего выражения:

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{2gxf_1\epsilon_1(h-z) + bf_2}{b}}. \quad (10)$$

Желоба служат для транспортирования материала, однако спускное устройство может также использоваться для регулирования расхода. Поэтому важно представление о характеристиках потока в спускном устройстве, особенно о влиянии геометрии желоба на эти характеристики.

В некоторых случаях, когда нужно соблюсти определенные кинематические характеристики движения потока, вместо прямолинейных спускных устройств могут быть применены устройства различных геометрических форм (рис. 4), в которых кинематические элементы движения будут зависеть от уравнения кривых, описывающих эти формы. Как правило, толщина движущегося слоя незначительна по сравнению с радиусом спускного устройства и, поэтому, величину радиуса кривизны ρ можем считать постоянной для всего сечения продукта. В этом случае нормальное напряжение σ_z с учетом напряжений от центробежной силы инерции запишется следующим образом:

$$\sigma_z = \gamma g(h-z) \pm \frac{\gamma}{g} (z' - z) \frac{v^2}{\rho}. \quad (11)$$

Скорость движения материала по спускному устройству мы найдем из следующего выражения:

$$v = \exp \left[\pm B_1 (4A^2 \xi + 2AB) \right] \sqrt{c + 2g \exp \left[\pm B_1 (8A^2 \xi + 4AB) \right] \left(B - A_1 + \frac{8A\xi - 1}{32A} \right)}.$$

Постоянную c можно найти из начальных условий: при

$$\xi = 0, v = v_0$$

$$v_0^2 = \exp \left(\pm 4B_1 BA \right) \left[c + 2g \exp \left(\pm 4ABB_1 \right) \left(B - A_1 - \frac{1}{32A} \right) \right]. \quad (13)$$

Отсюда

$$c = \frac{v_0^2}{\exp \left(\pm 4B_1 BA \right)} - 2g \exp \left(\pm 4ABB_1 \right) \left(B - A_1 - \frac{1}{32A} \right). \quad (14)$$

После замены подстановок мы получаем уравнение скорости семенного потока на втором этапе:

$$v = \sqrt{2gx \left\{ \sin \alpha - \left[f_1 \frac{h-z}{b-2z \operatorname{ctg} \Theta} (\sin \Theta + \varepsilon_1 \cos \Theta) + f_2 \right] \cos \alpha \right\}}, \quad (15)$$

где x – перемещение семенного материала;

Θ – угол распространения напряжений давления в слое семенного материала.

Пропускная способность высевного окна на втором этапе определится из выражения:

$$\Pi_2 = \int_{\Omega} \int \gamma V d\Omega = \int_0^b \int_0^h \gamma V dy dz, \quad (16)$$

Определяем градиент скорости слоев семенного материала по высоте, чтобы иметь возможность построения эпюр скоростей:

$$\operatorname{grad} v = \frac{f_1 b \cos \alpha (\sin \Theta + \varepsilon_1 \cos \Theta)}{2(b+2z \operatorname{ctg} \Theta) \sqrt{2gx \left\{ \sin \alpha - \left[\frac{f_1 (h-z) (\sin \Theta + \varepsilon_1 \cos \Theta)}{b+2z \operatorname{ctg} \Theta} + f_2 \right] \cos \alpha \right\}}} \quad (17)$$

Подставляя в уравнение (17) различные значения v_0 , f , α , h , можно получить зависимости изменения скорости семян по высоте слоя.

Таким образом, полученное выражение позволяет определить режим движения продукта в зависимости от их конструктивных параметров и физико-механических свойств продукта.

Библиографический список

1. Петров, А.М. Анализ высевающих аппаратов с гравитационной подачей семян / А.М. Петров, С.В. Краснов; Актуальные агроинженерные проблемы АПК: Сб. науч. тр./ СГСХА – Самара. 2001.
2. Зенков, Р.Л. Механика насыпных грузов / Р.Л. Зенков. – М.: Машгиз, 1952. – 215 с.

УДК 631.316

Архипова Т.Н., Гниломедов В.П.

К ВОПРОСУ О СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКЕ УХОДА ЗА ПОСЕВАМИ ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР (НА ПРИМЕРЕ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ) ПО ТИПОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ И С ПРИМЕНЕНИЕМ НАПРАВЛЯЮЩИХ ЩЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассмотрены актуальные вопросы по усовершенствованию технологии возделывания пропашных с применением направляющих щелей, позволяющих стабилизировать движение культиватора относительно линии ряда растений и снизить потери урожая за счет сохранения необходимого оптимального размещения по их площади.

Проблема борьбы с сорной растительностью при возделывании сахарной свеклы решается применением комплекса агротехнических, химических и механических приемов, предупреждающих появление всходов сорняков и уничтожающих эти всходы.

Результаты научных исследований и опыт передовых свеклосеющих хозяйств показывает, что, во-первых, не всегда применение одних только агротехнических и химических мер позволяет в достаточной степени очистить поля от сорной растительности, а во-вторых, эти меры не исключают необходимости механических обработок почвы в междурядьях для создания более благоприятных условий развития культурных растений. Кроме того, применение химических препаратов (гербицидов) ведет не только к повышению стоимости обработок, но и к вредному воздействию на окружающую среду.

Повышение качества междурядной обработки пропашных культур можно обеспечить путем совершенствования предназначенных для этой цели рабочих органов культиваторов и технологических режимов их работы.

Разработана и предложена усовершенствованная технология возделывания пропашных с применением направляющих щелей, позволяющих стабилизировать движение культиватора относительно линии ряда растений, что обеспечивает содержание посевов в свободном от сорняков состоянии и снизить потери урожая за счет сохранения необходимого оптимального размещения по их площади.

Нами проанализированы недостатки типовой технологии возделывания пропашных культур. Их суть в следующем [2]:

1) не обеспечивается надлежащая борьба с корнеотпрысковыми и корневищными сорняками в осенний период до основной обработки почвы путем использования как луцильников, так и химических препаратов;

2) не проводится дифференцированная основная обработка почвы с целью накопления максималь-

ного количества почвенной влаги в осенне-зимний период и создания оптимальных условий для развития корнеплодов;

3) при выполнении технологических операций весеннего цикла не качественно выполняется закрытие почвенной влаги при первых весенних операциях на зяби, что отрицательно сказывается на водном режиме почвы и снижает полевую всхожесть семян;

4) при посеве пропашных культур не обеспечиваются агротехнические требования по равномерности высева;

5) отсутствует стабилизация движения агрегатов по уходу за посевами относительно линии рядков, и величина защитных зон составляет 100...150 мм, в которых развиваются сорные растения;

6) в конструкциях рабочих секций заложены втулки из полистирола, которые быстро изнашиваются и вызывают поперечные колебания рабочих секций, что приводит к вырезанию и засыпанию культурных растений.

Исследованиями кафедры «сельскохозяйственные машины» [3] установлено, что засыпание всходов и их вырезание при уходе достигает на сахарной свекле – 19...25 %, кукурузе – 12...16 %, подсолнечнике – 10...12 %. Это отрицательно сказывается на окончательном урожае пропашных культур.

При наличии сорных растений в защитных зонах при уборке сахарной свеклы снижается качество работы свеклоуборочной техники, что не позволяет отправлять корнеплоды на свеклоприемный пункт без ручной доочистки.

Таким образом, можно сделать вывод, что применяемые в настоящее время технологии возделывания и уборки сахарной свеклы и других пропашных культур не обеспечивают максимальный урожай с минимальными затратами труда.

На опытном участке был выполнен полностью необходимый перечень технологических операций согласно типовой технологии, а в весенне-летний период операции по уходу выполнялись имеющимися в хозяйстве машинами. Суть технологических операций следующая.

После уборки предшественника было сделано двукратное дискование полей луцильниками. Это позволяет сохранить остатки влаги от предшественника и обеспечивает борьбу с корнеотпрысковыми и корневищными сорняками.

Отвальная вспашка на 24 см с предплужником позволила заделать растительные остатки на глубину 10...12 см от поверхности, а эффективную борьбу с яровыми поздними сорняками и корнеотпрысковыми вели культиватором КПС-4, путем сплошной культивации поля на глубину 6 см.

Поскольку было выполнено две основные обработки – отвальная и глубокое рыхление, то при подобной дифференцированной обработке почвы были созданы необходимые условия для максимального накопления осенне-зимних осадков и создания оптимальной плотности для полноценного развития корней.

С целью максимального накопления снежного покрова в зимний период на свекловичном поле сделано первое снегозадержание согласно «розе ветров», а второе под углом 45° к первому.

Первая весенняя операция после таяния снега в фазу спелости почвы проведена с применением средних зубковых борон, что можно объяснить тщательной обработкой почвы с осени.

Предпосевная культивация выполнялась без внесения гербицидов. Почвенные гербициды в хозяйстве отсутствовали из-за не имения денежных средств на их приобретение. Предпосевная культивация выполнялась на глубину 5 см культиватором УСМК-5,4Б с нарезкой направляющих щелей на глубину 28...30 см.

Посев вели агрегатом, состоящим из трактора Т-70С и сеялки свекловичной ССТ-12Б. Движение агрегата шло по направляющим щелям с универсальными щелерезами, которые устанавливались на главной балке сеялки по осевым линиям гусеничного хода трактора Т-70С (с расстоянием между щелерезами 1350 мм). Глубина хода ножа щелереза – 20...22 см. Универсальный щелерез был установлен криволинейной частью вперед.

Вслед за посевным агрегатом проводилось прикатывание с разрывом по времени в 1 час. Для этой цели использовали трактор ДТ-75м с катками ЗККШ-6а.

Необходимости в проведении довсходового уничтожения сорняков на опытном поле не было, поскольку оно было практически чистым вплоть до появления всходов.

Первая культивация посевов началась после обозначения рядков свеклы. Для ухода применяли агрегат из трактора Т-70С, культиватора УСМК-5,4Б, а движение культиватора было по направляющим щелям. На культиваторе устанавливали 13 рабочих секций, при глубине культивации 4 см, защитная зона при культивации – 50 мм.

Использовали на прореживании поперечную букетировку агрегатом, состоящим из культиватора УСМК-5,4Б и комплекта специальных рабочих органов, которые обеспечивали схему букет 100 мм, вырез 120 мм.

Вторая междурядная обработка выполнялась аналогично первой на глубину 6 см.

Перед уборкой выполнен учет биологического урожая и сделана регулировка ботвосрезающего аппарата у машины БМ-6А по среднему диаметру корня. Отрегулирован очиститель головок корней ОГД-6А и свеклоуборочный комбайн РКС-6-02.

При движении посевного агрегата с ножом-щелерезом новой конструкции, когда он работает криволинейной гранью по ранее нарезанным щелям, обеспечивается стабильность его движения по щели, что важно для прямолинейности посева.

Движение агрегата с наличием стабилизирующих устройств, облегчает управление агрегатом и позволяет работать на более высоких скоростях, чем при обычной схеме и даже в ночное время.

Наблюдения за работой посевного агрегата с наличием щелерезов и при движении по направляющим щелям позволили отметить следующее.

При движении посевного агрегата по щелям, полученным новой конструкцией ножа щелереза не происходит сгуживания почвы и выноса крупных глыб на поверхность.

Сошники свекловичной сеялки движутся устойчиво по глубине, и не требуется их дополнительной корректировки. Когда движение сеялки было по направляющим щелям, нас, прежде всего, интересовали сошники, которые оказывались в зоне действия направляющей щели, это 4 и 5, а также 7 и 8. После появления всходов был произведен их учет, а первая междурядная обработка выполнялась при движении по направляющим щелям, проводилась с использованием обычных рабочих органов (односторонних плоскорезов лап). По направляющим щелям обработка велась с уменьшенной защитной зоной – 5 см, а на обычном варианте – 12 см.

Таблица 1

Равномерность всходов сахарной свеклы после первой культивации

Вариант опыта	Процентное содержание всходов на 10-ти сантиметровых интервалах				
	Пустых	По одному растению	По два растения	По три растения	По четыре растения
С применением направляющих щелей	64,8	24,8	8,4	1,8	0,2
Обычная технология	58,5	27	11,1	3,1	0,3

Из таблицы 1 видно, что щели не оказывают отрицательного влияния на равномерность размещения всходов.

В последующем на обоих вариантах было проведено вдольрядное прореживание прореживателем УСМК-5,4. Данные учета равномерности распределения корней после этой операции приведены в таблице 2.

Таблица 2

Равномерность всходов сахарной свеклы после прореживания

Вариант опыта	Процентное содержание всходов на 10-ти сантиметровых интервалах			
	Пустых	По одному растению	По два растения	По три растения
Обычная технология	68,5	25,6	5,5	0,4
С применением направляющих щелей	71	23	5,75	0,25

Анализ результатов таблицы 2 позволяет установить, что в варианте применение направляющих щелей при уходе за посевами, практически рабочими органами культиваторов не проводится уничтожение культурных растений. Сокращение числа интервалов с одним и двумя растением произошло за счет работы прореживателя.

Состояние поверхности поля после прохода посевного агрегата не сильно отличается от первого состояния (нет крупно-глыбистой поверхности и большой канавы в зоне прохода ножа щелереза).

Щель после прохода универсального щелереза на посевном агрегате остается засыпанной рыхлым слоем почвы и не является местом свободного действия ветра и солнца, то есть она не способна испарять влагу из нижних горизонтов. Это было подтверждено результатами исследований [3].

Для наглядности мы представляем динамику выпадения осадков за вегетационный период и состояния запасов продуктивной влаги в верхнем горизонте 0...10 см и в метровом слое 0...100 см в виде графиков, приведенных на рисунках 1 и 2.

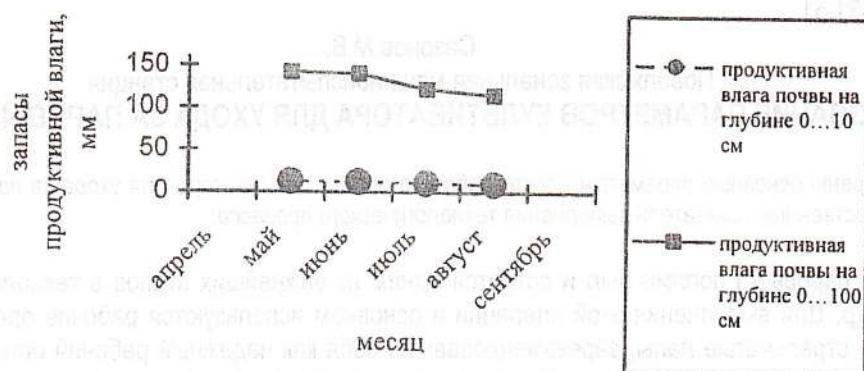


Рис. 1. Динамика изменений запасов продуктивной влаги при возделывании сахарной свеклы по типовой технологии

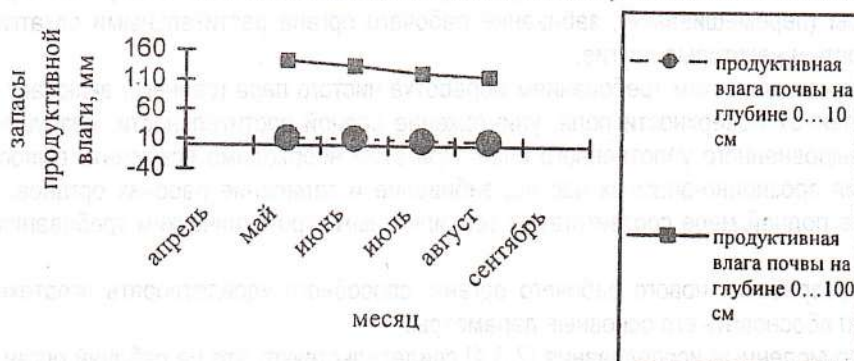


Рис. 2. Динамика изменений запасов продуктивной влаги при возделывании сахарной свеклы с применением направляющих щелей в 10 см от осевой линии щели

По окончании ухода по вариантам было проведено определение засоренности посевов сорняками.

При обычной технологии возделывания на 1 м² посева находилось 92 сорняка из них 23 корнеотпрысковых, то есть фактическая засоренность оказалась в 3 раза выше там, где уход осуществлялся с использованием направляющих щелей.

Можно заключить, что при уходе за посевами в типовой технологии вследствие того, что основная машина культиватор пропашной не копирует рядки культурных растений то, во избежание вырезания культурных растений между крайней точкой рабочего органа и линии рядка устанавливается защитная зона 100...150 мм. Она зарастает сорняками и снижает урожай культуры на 25...40%.

Установка большой защитной зоны не сохраняет полностью растения, и практически засыпаются и вырезаются дополнительно 18...20% культурных растений. В сумме потери урожая довольно большие. Предлагается обеспечить стабилизацию движения культиватора относительно линии рядка за счет нарезки в почве на глубину 25 см направляющих щелей, которые параллельны линии рядка. Эту задачу выполняют специальные универсальные ножи-щелерезы, которые мы разработали и проводим исследования.

Применение подобных элементов в технологии возделывания пропашных позволит полностью сохранить культурные растения и довести защитные зоны по уходу за посевами до 3 см. В сумме при уходе за посевами будет обеспечен дополнительный урожай ранее указанной в недостатках существующей технологии на 40...50%.

Библиографический список

1. Гниломедов В.П. Основы индустриальной технологии пропашных на Юго-Востоке РСФСР. – Куйбышев: Кн. Изд-во, 1983. – 168 С.
2. Внедрение индустриальных технологий возделывания сахарной свеклы и кукурузы на зерно - стержневую смесь с использованием направляющих щелей: отчет о НИР (промежуточ.), 1988. – 117 с.
3. Внедрение индустриальных технологий возделывания сахарной свеклы и кукурузы на зерно - стержневую смесь с использованием направляющих щелей: отчет о НИР (промежуточ.), 1989. – 133 с.

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ УХОДА ЗА ПАРОВЫМИ ПОЛЯМИ

Рассмотрены основные параметры нового рабочего органа культиватора для ухода за паровыми полями и их влияние на качественные показатели выполнения технологического процесса.

Уход за паровыми полями был и остается одним из важнейших этапов в технологии возделывания озимых культур. Для выполнения этой операции в основном используются рабочие органы для сплошной культивации – стрелчатые лапы, зарекомендовавшие себя как надежный рабочий орган при проведении сплошной культивации, но при выполнении операции по уходу за парами их работа ограничивается рядом недостатков. Основные из них следующие: неравномерность работы по глубине обработки, вынос влажных слоев почвы (перемешивание), забивание рабочего органа растительными остатками, а так же большая энергоемкость и некоторые другие.

По агротехническим требованиям обработка чистого пара (раннего) включает в себя [1]: формирование взрыхленной поверхности поля, уничтожение сорной растительности, разрушение почвенной корки и создания выровненного уплотненного слоя. При этом необходимо исключить вынос влажного слоя почвы, образования эрозионно-опасных частиц, забивание и залипание рабочих органов. Современные рабочие органы не в полной мере соответствуют тем или иным агротехническим требованиям к обработке раннего пара.

Для разработки нового рабочего органа, способного удовлетворять агротехническим требованиям, необходимо обосновать его основные параметры.

Многочисленные исследования [2,3,4] свидетельствуют, что на рабочий орган культиватора оказывают влияние различные факторы, из которых основным является воздействие лапы на корни сорняков, т.е. подрезание и уничтожение сорной растительности. По геометрическим параметрам подрезающая способность рабочего органа характеризуется сочетанием режущей пары: лезвия (режущая грань лапы) и противорежущей пластины (твердая часть почвы). Исходя из этих параметров для выполнения 100%-ого подрезания сорной растительности необходимо при первой обработке пара сформировать уплотненный слой почвы, т.е. противорежущую пластину. Экспериментальными исследованиями установлено, что формирование уплотненного слоя почвы достигается с использованием плоскорежущих лап с углом крошения не более 10° .

При воздействии на корни сорняков плоскорежущий рабочий орган должен перерезать корни растений, встречающиеся с лезвием в почве. При этом часть растений, тем большая, чем больше затупилось лезвие лапы, может быть не перерезана, а вырвана с корнем и будет обволакивать лезвие, что не способствует качественному выполнению технологических процессов.

Чтобы этого не произошло забивание, вырванные растения должны скользить вдоль лапы и сходить с нее, т.е. лапа должна самоочищаться. Согласно [3], условие скольжения выражается неравенством $\xi > \varphi$. Однако это условие справедливо лишь для однородного материала, а так как корни сорняков размещены в почве и, если почва не будет скользить вдоль лезвия, то она не позволит скользить и корням сорняков. Следовательно, условие скольжения корней должно учитывать фрикционные свойства не только самих корней, но и той почвы, в которой они размещены, и, очевидно, будет иметь вид:

$$\xi > \max(\varphi_k, \varphi_n) \quad (1)$$

Такая запись означает, что при определении условий скольжения принимается во внимание как угол трения корней сорняков, так и угол трения почвы, но учитывается лишь тот из них, который больше.

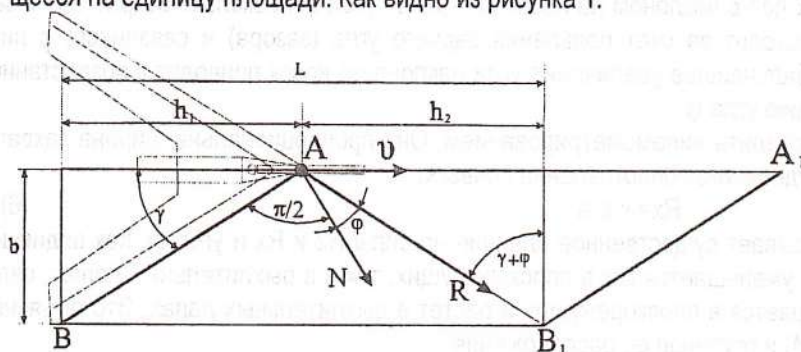
Так как плоскорежущая лапа нового рабочего органа имеет симметричную форму $\xi = \pi/2 - \gamma$, то условие скольжения будет иметь вид: $\gamma < \pi/2 - \varphi$, или с учетом свойств почвы $\gamma < 90^\circ - \max(\varphi_k, \varphi_n)$.

Однако это ограничение имеет односторонний характер. Оно не раскрывает оптимального соотношения между углами γ и φ .

В качестве критерия оптимальности примем количество сорняков, находящихся на лезвии в каждый данный момент его работы или приходящихся на единицу ширины его захвата. Чем меньше сорняков находится на лезвии, тем меньше вероятность забивания лапы при ее затуплении. Следовательно, задача сводится к отысканию оптимального угла раствора γ культиваторной лапы, при котором на лезвии в каждый данный момент будет находиться минимальное количество сорняков. Вероятность забивания лапы в этом случае минимальна, а надежность выполнения технологического процесса достигает максимума.

Пусть лезвие АВ плоскорежущей лапы перемещается в направлении скорости u (рис. 1). Корень сорняка, находившийся первоначально в соприкосновении с точкой А лезвия, будет двигаться в направлении действующей на него силы R . Одновременно он будет скользить вдоль лезвия до тех пор, пока не сойдет с

него в точке B_1 (если не будет подрезан). За это время лезвие пройдет путь L и все сорняки, находившиеся на площади треугольника ABB_1 и встретившись с лезвием, сойдут с него, а все сорняки, находившиеся на площади треугольника AA_1B_1 , будут обволакивать лезвие, находящееся в положении A_1B_1 . Так как эти треугольники равны между собой, то при равномерном размещении сорняков по площади поля их количество, обволакивающее лезвие лапы, $Q = Sn$, где S — площадь треугольника ABB_1 , а n — число сорняков, приходящееся на единицу площади. Как видно из рисунка 1:



$$S = Lb/2; \quad L = h_1 + h_2; \quad h_1 = b \operatorname{ctg} \gamma; \\ h_2 = b \operatorname{tg} (\gamma + \varphi).$$

Тогда количество сорняков, обволакивающее лезвие лапы, определяется по формуле:

$$Q = \frac{b^2 n}{2} [\operatorname{tg} (\gamma + \varphi) + \operatorname{ctg} \gamma] \quad (2)$$

Функция $Q = f(\gamma)$ имеет минимум. Причем чем больше угол трения φ , тем больше минимальное количество сорняков, находящихся на лапе.

Рис. 1. Схема к определению оптимального угла раствора культиваторной лапы

Для отыскания минимума, как известно, необходимо взять производную функции и приравнять ее нулю

$$\frac{dQ}{d\gamma} = \frac{b^2 n}{2} \left(\frac{1}{\cos^2 (\gamma + \varphi)} - \frac{1}{\sin^2 \gamma} \right) = 0.$$

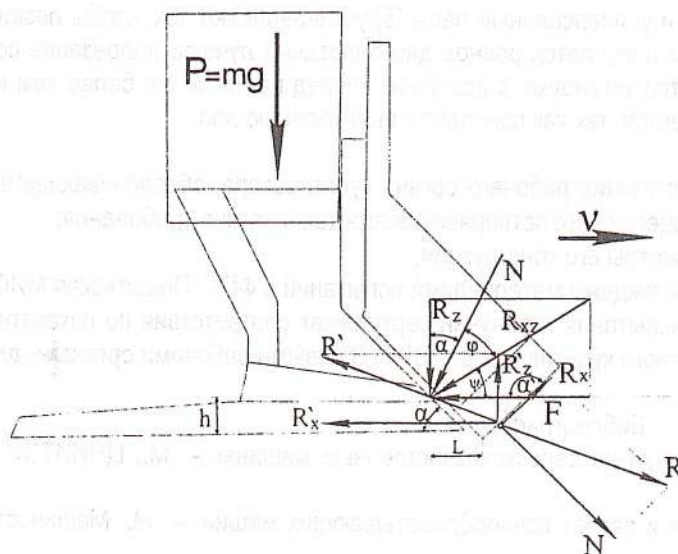
Очевидно, что нулю равен второй сомножитель, а, следовательно, $\cos(\gamma + \varphi) = \sin \gamma$ или $\cos(\gamma + \varphi) = \cos(90^\circ - \gamma)$ или $\gamma + \varphi = \pi/2 - \gamma$, откуда

$$\gamma_{\text{опт}} = (\pi/2 - \varphi)/2. \quad (3)$$

С учетом влияния почвы

$$\gamma_{\text{опт}} = [\pi/2 - \max(\varphi_k, \varphi_n)]/2. \quad (4)$$

Силовая характеристика рассматриваемого рабочего органа, симметрична, поэтому элементарные составляющие сил реакции почвы, действующие на его рабочую поверхность и лезвие, могут быть приведены к одной равнодействующей R_{xz} (рис. 2), расположенной в продольно-вертикальной плоскости симметрии. Проекция силы R_{xz} на ось Z (сила R_z) характеризует способность рабочего органа к заглублению, а проекция на ось X (сила R_x) составляет тяговое сопротивление рабочего органа. Направление и точка приложения силы R_{xz} определяются углом φ и размерами h и L . По данным профессора Г.Н. Синеокова, известно, что $h = (0,5 \dots 0,3)a$ (возрастает с увеличением ширины захвата лапы), $L = 0,5b$. Так как равнодействующая R_{xz} складывается из сил нормального давления и сил трения почвы о рабочую поверхность и лезвие, то ее направление (угол ψ) зависит от угла крошения α и угла трения φ . Как видно из рисунка 2



$$\psi = \pi/2 - (\alpha + \varphi) \quad (5)$$

Так как угол α зависит от типа и параметров рабочего органа, а φ от свойств и состояния почвы, то, следовательно, и угол ψ зависит от них. Угол трения φ , например, может изменяться в широких пределах (от 14 до 65°) в зависимости от механического состава почвы и ее влажности. При переходе от рыхлых песчаных почв к плотным суглинистым и глинистым коэффициент и угол трения существенно возрастают, отчего угол ψ будет уменьшаться. При увеличении влажности почвы до $\omega_s = 30 \dots 45\%$ коэффициент и угол трения резко возрастают, что приводит к уменьшению угла ψ .

Рис. 2. Силовая характеристика нового рабочего органа

При переходе от плоскорежущих лап к универсальным и рыхлительным угол α увеличивается, а угол ψ , следовательно, уменьшается, отчего R_z и способность рабочего органа к заглублению падают. Плоские ножи кустарниково-болотных плугов дисковые ножи плугов общего назначения, зубья борон и т. п. имеют угол $\alpha \approx 90^\circ$, отчего угол ψ у них отрицательный, сила R_z направлена снизу вверх и для их заглубления требуется определенное давление орудия P .

При установке культиваторных лап с наклоном на носок до $2,5...3^\circ$ угол ψ несколько возрастает и заглубляемость улучшается, что происходит за счет появления заднего угла (зазора) и связанного с ним уменьшения реакции дна борозды. Дальнейшее увеличение угла наклона на носок приводит к возрастанию угла α , а следовательно, к уменьшению угла ψ .

Значение силы R_x можно определить динамометрированием. Она пропорциональна ширине захвата b , глубине обработки a и зависит от удельного сопротивления почвы k :

$$R_x = k b a \quad (6)$$

Глубина обработки почвы оказывает существенное влияние на силы R_z и R_x и угол ψ . Как видим из рисунка 3, с ее увеличением угол ψ уменьшается как в плоскорежущих, так и в рыхлительных лапах, сила R_x увеличивается, а сила R_z уменьшается в плоскорежущих и растет в рыхлительных лапах. Это объясняется увеличением плотности почвы [4] и глубиной ее расположения.

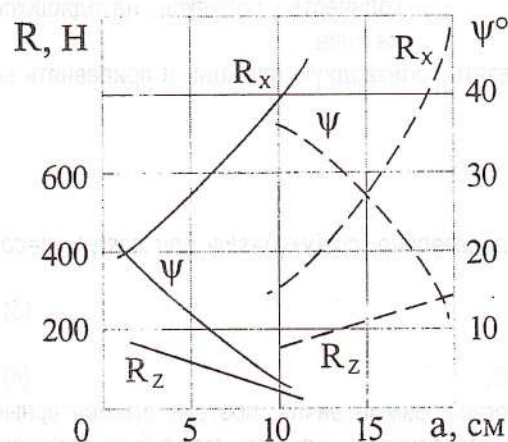


Рис. 3. Изменение угла ψ , горизонтальной R_x и вертикальной R_z сил сопротивления почвы в зависимости от глубины обработки a : — плоскорежущая лапа (новый рабочий орган); ---- рыхлительная лапа (серийная)

Установка зубьев борон и ножей характеризуется углом α , который образует ребро или лезвие с горизонтальной плоскостью. От размера этого угла зависит характер воздействия рабочих органов на почву.

Конструктивной особенностью нового рабочего органа является вертикальный нож (рис.2) установленный для разделения потока почвы, а также устойчивой работы при культивации пара на глубине обработки 4-8 см.

На рисунке 2, угол $\alpha > \pi/2 + \varphi$ ребро воздействует на комок силой R , равной векторной сумме силы нормального давления N и силы трения F и отклоненной от горизонтали вниз. Почвенный комок под действием этой силы будет перемещаться (вдавливаться) вниз. Вертикальная составляющая силы реакции почвы R_z' будет направлена вверх, что приведет к уменьшению заглубляющей силы $Q_{заг} = R_z - R_z'$ и уменьшению глубины обработки. Горизонтальная составляющая силы реакции почвы R_x' войдет в состав тягового сопротивления R_a рабочего органа. По такому принципу работают зубья борон, плоские ножи кустарниково-болотных плугов и дисковые ножи плугов общего назначения, дисковые и килевидные сошники сеялок.

лок.

Культиваторные плоскорежущие и универсальные лапы [5] устанавливают так, чтобы лезвие лежало в горизонтальной плоскости. При этом получается ровное дно борозды и лучшее подрезание сорняков. При работе на тяжелых почвах допускается установка с наклоном вперед на носок не более чем на $2...3^\circ$. Установка с наклоном на пятку не допускается, так как приводит к выглублению лап.

Резюме:

- разработана и обоснована конструкция рабочего органа культиватора, обеспечивающего качественное выполнение технологического процесса удовлетворяющие агротехнические требования;
- определены оптимальные параметры его конструкции;
- результаты исследований подтверждены материалами испытаний в ФГУ «Поволжская МИС»;
- проведены сертификационные испытания и получен сертификат соответствия по показателям назначения при комплектации широкозахватного культиватора ККШ-11,3 новыми рабочими органами для ухода за паровыми полями.

Библиографический список

1. Сборник Агротехнических требований на сельскохозяйственные машины. - М.: ЦНИИТЭИ, 1982. - т.28 - 39
2. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. - М.: Машиностроение, 1977. - 328 с.
3. Кленин Н.И. Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. - М.: Колос, 1980. - 672с.

4. Лыков А.М., Коротков А.А., Баздырев Г.И., Сафонов А.Ф. Земледелие с почвоведением. – М.: Колос, 1990. – 448с.

5. Карпенко А.Н., Халанский В.М. Сельскохозяйственные машины. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527с.

УДК 631.331

Ларин Д. А., Плотников Ю. А.

Саратовский ГАУ им Н. И. Вавилова

КОЭФФИЦИЕНТЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИ УДАРЕ СЕМЯН ОСНОВНЫХ КУЛЬТУР, РЕКОМЕНДУЕМЫХ ДЛЯ ВНУТРИПОЧВЕННОГО РАЗБРОСНОГО ПОСЕВА

Приведены результаты теоретического обоснования и экспериментальных исследований упругих свойств семян, характеризующих коэффициентом восстановления, позволяющие определять параметры и скоростные режимы распределительных устройств для внутрипочвенного разбросного посева.

Независимо от способов и устройств для рассева семян в подсошниковом пространстве при внутрипочвенном разбросном посеве на технологический процесс в той или иной мере оказывают влияние упругие свойства семян [1].

От них зависят очень многие параметры процесса рассева семян в подсошниковом пространстве, так как от упругих свойств зависят и величина скорости отраженных зерен и направления векторов скоростей.

Упругие свойства семян проявляются при их соударении с отражательными поверхностями и характеризуются таким показателем, как коэффициент восстановления [2, 3, 4].

Как показывают наблюдения для объяснения процесса удара необходимо учитывать физические свойства тел. Процесс удара можно разбить на две фазы. В первой фазе происходит сближение тел по линии общей нормали, вследствие чего проекция на нормаль относительной скорости точки контакта тел уменьшается до нуля. Затем наступает вторая фаза удара, в которой тела удаляются друг от друга, а абсолютная величина нормальной составляющей относительной скорости соприкосновения, изменив знак, возрастает, но не достигает своего значения в начале удара. Отношение между нормальной составляющей относительной скорости точки контакта тела после удара к его значению до удара есть постоянная физическая величина, характеризующая физические свойства соударяющихся тел и не зависящая от их массы и скорости, называемая коэффициентом восстановления.

Для определения коэффициента восстановления семян основных культур, рекомендуемых для внутрипочвенного разбросного посева таких, как пшеница, ячмень, просо, воспользуемся известной методикой [5].

Для реализации этой методики была изготовлена лабораторная установка (рис.1), состоящая из основания 1, с установленным на нем штативе 2, на котором закреплено устройство 3 для единичного сбрасывания зерен с ручным приводом 4, отражателя зерен 5, мерной линейки с миллиметровыми делениями 6 (на рисунке условно повернута на 90) и видеокамеры 7.

Сбрасыватель зерен 3 представляет собой горизонтально расположенный диск с вырезами по периферии, в которые укладываются по одному зерну исследуемой культуры и при его вращении за ручку 4, сбрасываются по одному через отверстие в основании устройства 3. При этом начальная скорость полета зерен равна нулю, а скорость удара в момент соприкосновения с отражателем 5 определяется по известной формуле:

$$\dot{v}_1 = \sqrt{2gh_1}, \quad (1)$$

где $\dot{v}_1$ - скорость падения, м/с; g - ускорение свободного падения, м/с²; h_1 - высота падения, м.

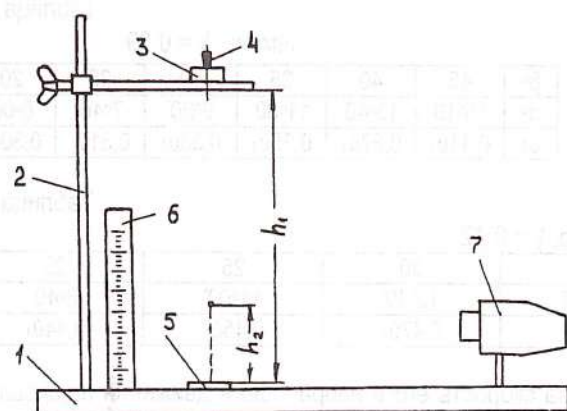


Рис. 1. Лабораторная установка для определения коэффициента восстановления семян.

Коэффициент восстановления зерен определяется по следующей методике. Зерна испытуемой культуры по одному закладываются в вырезы диска устройства 3, которое закрепляется на штативе 2 на известной высоте h_1 .

На основании 1 закрепляется плоский отражатель 5, выполненный в виде стальной пластины, из материала, из которого изготавливается и рассеивающее устройство сошника. Включается видеокамера 7 и одновременно за ручку 4 поворачивается диск сбрасывателя зерен, высота отскока которых h_2 совместно с делениями на линейке 6 фиксируется видеокамерой 7. Высота отскока семян h_2 от отражателя 5 определялась с точностью до ± 1 мм.

Испытаниям подвергались кондиционные семена, подготовленные для посева основных культур, рекомендуемых для внутривидового разбросного посева: пшеница, ячмень, просо. Полученные данные заносились в таблицы и подвергались статистической обработке. Значения коэффициента восстановления вычислялись по формуле:

$$k = \sqrt{h_2 / h_1}, \quad (2)$$

где k - коэффициент восстановления; h_1 - высота падения зерен, м; h_2 - высота отскока зерен, м.

По результатам опытов были получены значения коэффициентов восстановления, численные значения которых составили: для пшеницы $k = 0,31$ при коэффициенте вариации $v = 10,7\%$; для ячменя $k = 0,29$ при коэффициенте вариации $v = 13,6\%$; для проса $k = 0,42$ при коэффициенте вариации $v = 27,6\%$.

Полученные численные значения коэффициентов k дают возможность теоретическим путем определить параметры рассеивающего устройства.

Рассев семян отражателями возможно осуществлять при использовании косого удара, при котором:

$$k = \operatorname{tg} \alpha / \operatorname{tg} \beta, \quad (3)$$

где α - угол падения зерна, град; β - угол отражения зерна, град.

Из формулы (3) вытекает два важных вывода: во-первых, угол отражения β всегда больше угла падения α , так как $k < 1$; во-вторых, задаваясь любым из указанных углов и, зная численно значение коэффициента восстановления, можно определить значение другого угла.

В нашем случае целесообразно задаваться значением угла отражения β , так как от него зависит дальность полета отраженных зерен, поскольку при отскакивании от отражательной поверхности они ведут себя как тело, брошенное под углом к горизонту, максимальная дальность полета которого происходит при угле $\beta = 45^\circ$.

Вторым важным фактором при рассеве семян является скорость их отражения $\dot{u}_2$, которая при косом ударе связана со скоростью $\dot{u}_1$ и углом α падения соотношением:

$$\dot{u}_1 = \dot{u}_2 \sin \alpha \sqrt{1 + k^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}, \quad (4)$$

где $\dot{u}_2$ - скорость отражения, м/с; $\dot{u}_1$ - скорость падения, м/с; α - угол падения, град; k - коэффициент восстановления.

Формула (3) дает возможность определять углы падения зерен для получения требуемых значений углов отражения:

$$\alpha = \arctg(k \operatorname{tg} \beta). \quad (5)$$

Расчеты, выполненные по формулам (4) и (5), представлены: для пшеницы в таблице 1, для ячменя - в таблице 2 и для проса - 3.

Таблица 1

Пшеница, $k = 0,31$

β°	45	40	35	30	25	20
α°	17°20'	14°40'	12°20'	10°10'	8°10'	6°30'
$\dot{u}_2$	0,42 $\dot{u}_1$	0,39 $\dot{u}_1$	0,37 $\dot{u}_1$	0,35 $\dot{u}_1$	0,34 $\dot{u}_1$	0,33 $\dot{u}_1$

Таблица 2

Ячмень, $k = 0,29$

β°	45	40	35	30	25	20
α°	16°10'	13°40'	11°30'	9°30'	7°40'	6°00'
$\dot{u}_2$	0,41 $\dot{u}_1$	0,37 $\dot{u}_1$	0,35 $\dot{u}_1$	0,33 $\dot{u}_1$	0,31 $\dot{u}_1$	0,30 $\dot{u}_1$

Таблица 3

Просо, $k = 0,42$

β°	45	40	35	30	25	20
α°	22°50'	19°30'	16°20'	13°40'	11°00'	8°40'
$\dot{u}_2$	0,55 $\dot{u}_1$	0,52 $\dot{u}_1$	0,49 $\dot{u}_1$	0,47 $\dot{u}_1$	0,45 $\dot{u}_1$	0,44 $\dot{u}_1$

Поскольку при работе рассеивающего устройства скорость его в направлении движения падающих зерен равна нулю, то относительной скоростью их соударения с поверхностью рассеивающего устройства будет скорость падения $\dot{u}_1$.

Данные таблиц 1...3 дают возможность прогнозировать результаты работы рассеивающих устройств на стадии их конструирования и определить пределы изменения параметров при лабораторных исследованиях.

1. Плотников Ю. А. Пути совершенствования технологического процесса и распределительных устройств для подпочвенного разбросного посева // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Вавиловские чтения - 2004». – Саратов, 2004. – С. 89-92.
2. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – М.: изд. физико-математической литературы, 1963. – 480 с.
3. Пановко Я. Г. Введение в теорию механического удара. – М.: Наука, 1977. – 224 с.
4. Пановко Я. Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. – Л.: Машиностроение, 1976. – 320 с.
5. Бутенин Н. В., Лунц Я. Г., Меркин Д. Р. Курс теоретической механики: Том II. – М.: Наука, 1985. – 496.

УДК 631.17

Гниломедов В. Г., Афонин А.Е., Сазонов Д. С.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КРУГОВОГО СПОСОБА ДВИЖЕНИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА – “КОНВЕРТНЫЙ”

Рассмотрены вопросы определения основных кинематических характеристик кругового способа движения машинно-тракторного агрегата.

Современные конструкции почвообрабатывающих орудий и тракторов требуют изыскание наиболее производительных способов движения МТА.

Наряду с общепринятыми загонными и челночным способами движения МТА при глубоких обработках почвы возможно применение беззагонно-круговых способов движения – “конвертный”

При “конвертном” способе движение агрегата может осуществляться как от периферии к центру (с левым поворотом) (рис. 1а) так и, наоборот, от центра к периферии (с правым поворотом) (рис. 1б), а разворотные полосы расположены внутри поля.

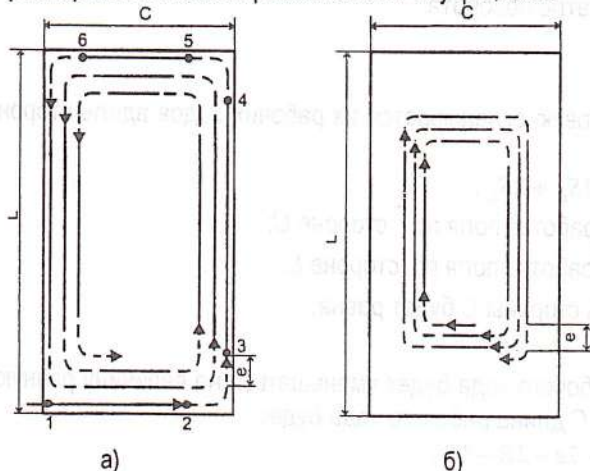


Рис. 1. “Конвертный” способ движения а) от периферии к центру; б) от центра к периферии

При данном способе движение первый рабочий ход агрегата осуществляется вдоль одной из сторон поля (точка 1). Затем происходит рабочий ход (участок 1-2). После того как агрегат доходит до конца поля он осуществляет беспетлевой поворот на 90° (участок 2-3) и далее совершает рабочий ход вдоль другой стороны поля (участок 3-4), затем опять происходит холостой поворот (участок 4-5) и рабочий ход (участок 5-6). Так происходит движение агрегата пока движение вдоль одной из сторон будет нерациональным.

После того как закончилось движение агрегата по кругу, он переходит к обработке внутренних поворотных полос. Обработка внутренних поворотных полос может осуществляться различными способами (всвал, вразвал и др.) в зависимости от конфигурации поля и состава МТА. Один из вариантов представлен

на рисунке 2. Сначала обрабатывается по диагонали вразвал одна поворотная полоса поля, а затем вторая.

Определим для данного способа движения основные кинематические характеристики: суммарный рабочий путь, холостой путь, а так же коэффициент рабочих ходов.

Сделаем следующие допущения:

- поле имеет прямоугольную форму с шириной C и длиной L ;
- траектория движения МТА проходит через центр агрегата;
- R – условный радиус, e – приближенная длина выезда, B – ширина захвата агрегата.

Суммарный путь, пройденный МТА при обработке поля прямоугольной конфигурации, складывается из длины пути при работе агрегата вкруговую и длины пути при обработке внутренних поворотных полос:

$$S = S_X + S_P + S_{XP} + S_{PP}$$

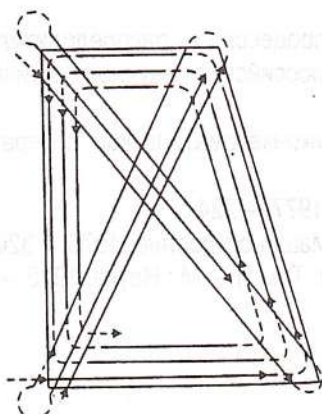


Рис. 2. Схема обработки внутренних поворотных полос

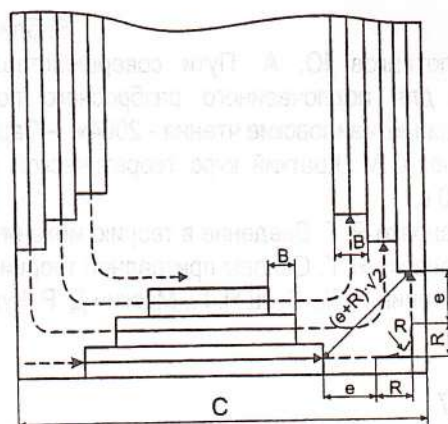


Рис. 3. Схема для определения показателей рабочего и холостого хода

где S_x - длина холостого пути, пройденная МТА при работе вкруговую; S_p - длина рабочего пути, пройденная МТА при работе вкруговую; S_{xp} - длина холостого пути, пройденная МТА при обработке внутренних поворотных полос; S_{pp} - длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке внутренних поворотных полос.

Длина S_x складывается из длин беспетлевых поворотов на 90° (рис. 3):

$$S_x = 2 \cdot \left(\frac{\pi R}{2} + 2e \right) \cdot n,$$

где n - количество рабочих ходов вдоль одной стороны поля.

Рабочий ход вкруговую будет рационален до тех пор, пока в центре поля не останется отрезок равный гипотенузе треугольника, который построен по петле поворота.

$$\text{Следовательно } n = \frac{C - ((R + e) \cdot \sqrt{2})}{2B}.$$

Длина рабочего пути при работе агрегата вкруговую складывается из рабочих ходов вдоль сторон поля:

$$S_p = 2S_C + 2S_L,$$

где S_C - длина рабочего пути, пройденного МТА, при обработке поля по стороне C ;

S_L - длина рабочего пути, пройденного МТА, при обработке поля по стороне L .

При первом проходе длина рабочего хода вдоль стороны C будет равна:

$$S_{C1} = C - 2e - 2R - B.$$

С каждым проходом вдоль стороны C длина рабочего хода будет уменьшаться на величину равную $2B$. Следовательно, при втором проходе вдоль стороны C длина рабочего хода будет:

$$S_{C2} = C - 2e - 2R - 3B;$$

при третьем:

$$S_{C3} = C - 2e - 2R - 5B.$$

Отсюда вся длина вдоль стороны C :

$$S_C = S_{C1} + S_{C2} + S_{C3} + \dots + S_{Cn}.$$

Следовательно

$$S_C = \sum_{i=1}^n S_{Ci};$$

$$S_C = \sum_{i=1}^n C - 2e - 2R - (2B \cdot i - B).$$

Длина рабочего хода вдоль стороны L определяется аналогично длине рабочего хода вдоль стороны C :

$$S_L = \sum_{i=1}^n L - 2e - 2R - (2B \cdot i - B).$$

Длина холостого пути при обработке внутренних поворотных полос складывается из длин петлевых и беспетлевых поворотов:

$$S_{XP} = S_{ПП} + S_{БП},$$

где $S_{ПП} = (2\pi R - B + 2e) \cdot n_{ПП}$, $S_{БП} = (\pi R + 2e) \cdot n_{БП}$.

$$\text{Количество петлевых поворотов } n_{ПП} = \frac{2R}{B} - 1;$$

$$\text{Количество беспетлевых поворотов } n_{БП} = \frac{((e+R)\sqrt{2}) - 2R}{B}.$$

Длину рабочего пути при обработке внутренних поворотных полос приближено определим, как длину гипотенузы в прямоугольном треугольнике с катетами L и C :

$$S_{PP} = 2 \cdot \left(\sqrt{L^2 + C^2} \right) \cdot n_{ЗК},$$

где $n_{ПП} = \frac{(e+R) \cdot \sqrt{2}}{B}$ - количество проходов при обработке внутренних поворотных полос.

Суммарный путь равен:

$$\begin{aligned} S = & 2 \cdot \left(\frac{\pi R}{2} + 2e \right) \cdot \frac{C - ((R+e)\sqrt{2})}{2B} + 2 \sum_{i=1}^n (C - 2e - 2R - (2B \cdot i - B)) + \\ & + 2 \sum_{i=1}^n (L - 2e - 2R - (2B \cdot i - B)) + (2\pi R - B + 2e) \cdot \left(\frac{2R}{B} - 1 \right) + \\ & + (\pi R + 2e) \cdot \frac{((e+R)\sqrt{2}) - 2R}{B} + 2 \left(\sqrt{L^2 + C^2} \right) \cdot \frac{(e+R) \cdot \sqrt{2}}{B} \end{aligned}$$

Суммарный рабочий путь равен:

$$\begin{aligned} S_{P\Sigma} = S_P + S_{PP} = & 2 \sum_{i=1}^n C - 2e - 2R - (2B \cdot i - B) + 2 \sum_{i=1}^n C - 2e - 2R - (2B \cdot i - B) + \\ & + 2 \left(\sqrt{L^2 + C^2} \right) \cdot \frac{(e+R) \cdot \sqrt{2}}{B} \end{aligned}$$

Коэффициент рабочих ходов равен:

$$\varphi = \frac{S_{P\Sigma}}{S}$$

Полученные выражения позволяют определить основные кинематические характеристики "конвертного" способа движения, а так же провести его сравнение с другими широко используемыми способами движения МТА.

УДК 631.17

Сазонов Д. С.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КИНЕМАТИКИ АГРЕГАТОВ ПРИ ГЛУБОКИХ ОБРАБОТКАХ ПОЧВЫ

Рассмотрены способы движения машинно-тракторных агрегатов при глубоких обработках почвы. Рассмотрено аналитическое сравнение челночного способа движения и способа движения с чередованием загонов всвал вразвал.

Значительные резервы ресурсосбережения и повышения качества обработки почвы содержатся в совершенствовании организации производственной эксплуатации почвообрабатывающих агрегатов, а именно, в оптимизации кинематики (способов) их движения по полю.

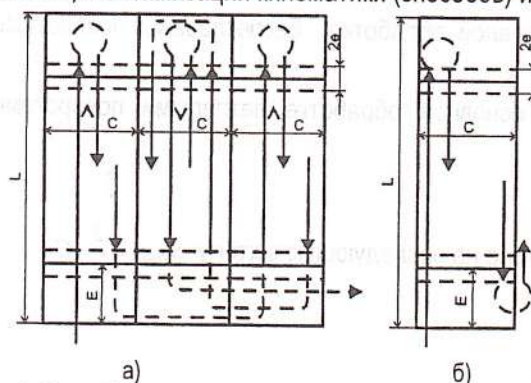


Рис. 1. Способы движения: а) с чередованием загонов; б) челночный способ.

При нерациональных способах движения холостой ход может превысить минимально необходимый на 40-50%, что значительно снизит экономичность работы агрегата [3].

Наиболее часто при глубоких обработках используют способ движения с чередованием загонов всвал вразвал (рис. 1а).

Все большую популярность последнее время приобретают оборотные плуги (фирмы Lemken, Kverneland, Rabe и др.). Оборотный плуг осуществляет вспашку без свальных гребней и развальных борозд за счет оснащения двумя комплектами рабочих органов. При

эксплуатации оборотных плугов, как правило, применяется челночный способ движения (рис.16) [2].

Для сравнения, указанных выше способов, определим суммарный путь, рабочий путь и холостой путь при обработке поля прямоугольной конфигурации.

Челночный способ

Суммарный путь, пройденный МТА для обработки поля прямоугольной конфигурации:

$$S = S_X + S_P + S_{XP} + S_{PP},$$

где S_X - длина холостого пути, пройденная МТА при обработке поля; S_P - длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке поля; S_{XP} - длина холостого пути, пройденная МТА при обработке разворотных полос; S_{PP} - длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке разворотных полос.

Длину холостого пути, пройденного МТА при обработке поля, определим по формуле:

$$S_X = (2\pi R - B + 2e) \cdot (n - 1),$$

где $n = \frac{C}{B}$ - количество проходов при основной обработке поля.

Длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке поля:

$$S_P = (L - 2E) \cdot n.$$

Определим длину холостого пути, пройденного МТА при обработке разворотных полос:

$$S_{XP} = 2 \cdot (2\pi R - B + 2e) \cdot (n_p - 1),$$

где $n_p = \frac{E}{B}$ - количество проходов для обработки разворотной полосы.

Длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке разворотных полос:

$$S_{PP} = 2 \cdot C \cdot n_p$$

Суммарный путь равен:

$$S = (2\pi R - B + 2e) \cdot \left(\frac{C}{B} - 1 \right) + (L - 2E) \cdot \frac{C}{B} + 2 \cdot (2\pi R - B + 2e) \cdot \left(\frac{E}{B} - 1 \right) + 2 \cdot C \cdot \frac{E}{B}$$

Суммарный рабочий путь равен:

$$S_{P\Sigma} = S_P + S_{PP} = (L - 2E) \cdot \frac{C}{B} + 2 \cdot C \cdot \frac{E}{B}$$

Коэффициент рабочих ходов:

$$\varphi = \frac{S_{P\Sigma}}{S}$$

Способ чередованием загонов всвал вразвал

Суммарный путь, пройденный МТА для обработки поля прямоугольной конфигурации:

$$S = S_X + S_P + S_{XP} + S_{PP}$$

где S_X - длина холостого пути, пройденная МТА при обработке загонок; S_P - длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке загонок; S_{XP} - длина холостого пути, пройденная МТА при обработке разворотных полос; S_{PP} - длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке разворотных полос.

Длина холостого пути, пройденная МТА при обработке загонок:

$$S_X = n_{\text{заг}} \cdot S_{\text{пп}} + n_{\text{заг}} \cdot S_{\text{бп}} + (n_{\text{заг}} - 1) \cdot S_{\text{пер}},$$

где $n_{\text{заг}} = \frac{C}{C_{\text{опт}}}$ - количество загонок;

$S_{\text{пп}}$ - длина холостого пути, пройденная МТА при основной обработке беспетлевыми поворотами

$$S_{\text{пп}} = (2\pi R + e - B) \cdot n_{\text{пп}};$$

$S_{\text{бп}}$ - длина холостого пути, пройденная МТА при основной обработке петлевыми поворотами

$$S_{\text{бп}} = \sum_{i=1}^{n_{\text{бп}}} (\pi R + 2e + n_{\text{бп}} B);$$

$S_{\text{пер}}$ - длина холостого пути, пройденная МТА, при перегоне на последующую загонку $S_{\text{пер}} = \frac{3}{4} \cdot C$.

Количество петлевых поворотов: $n_{\text{пп}} = \frac{2R}{B} - 1;$

Количество беспетлевых поворотов $n_{\text{бп}} = \frac{C_{\text{опт}} - 2R}{B},$

где $C_{\text{опт}} = \sqrt{16R^2 + K \cdot B \cdot L}$ – оптимальная ширина загона, где $K=2$ – коэффициент, учитывающий потери на холостой ход в связи с неполной шириной захвата плуга при последнем проходе и отбивкой загона [3].

Оптимальная ширина загона должна быть кратна ширине захвата агрегата.

Длина рабочего пути, пройденная МТА при обработке загонок:

$$S_p = (L - 2E) \cdot \frac{C}{B}.$$

Холостой путь при обработке поворотных полос найдем из выражения:

$$S_{xp} = 2 \cdot (S_{ппр} + S_{бпр}),$$

где $S_{ппр} = (2\pi R + 2e - B) \cdot n_{ппр}$ и $S_{бпр} = \sum_{i=1}^{n_{бпр}} (\pi R + 2e + n_{бпр} B)$ – соответственно длина петлевых поворотов и беспетлевых поворотов при обработке разворотных полос.

$$n_{ппр} = \frac{2R}{B} - 1, \quad n_{бпр} = \frac{E - 2R}{B}$$

Определим рабочий путь при обработке поворотных полос по формуле:

$$S_{pp} = 2 \cdot C \cdot n$$

где $n = \frac{E}{B}$ – количество проходов необходимое для обработки разворотной полосы.

Суммарный путь равен:

$$S = \frac{C}{C_{\text{опт}}} (2\pi R + 2e - B) \cdot \left(\frac{2R}{B} - 1 \right) + \frac{C}{C_{\text{опт}}} \sum_{i=1}^{n_{бпр}} (\pi R + 2e + n_{бпр} B) + \left(\frac{C}{C_{\text{опт}}} - 1 \right) \cdot \frac{3}{4} \cdot C + \\ + (L - 2E) \cdot \frac{C}{B} + 2 \cdot \left((\pi R + 2e - B) \cdot \left(\frac{2R}{B} - 1 \right) + \sum_{i=1}^{n_{бпр}} (\pi R + 2e + n_{бпр} B) \right) + 2 \cdot C \cdot n$$

Суммарный рабочий путь равен:

$$S_{p\pi} = S_p + S_{pp} = (L - 2E) \cdot \frac{C}{B} + 2 \cdot C \cdot n$$

Коэффициент рабочих ходов:

$$\varphi = \frac{S_{p\pi}}{S}$$

Данные, полученные экспериментальным путем:

- Радиус поворота, $R = 4,75$ м
- Ширина захвата агрегата, $B = 2,05$ м
- Площадь поля, $S = 100$ га
- Длина поля, $L = 800$ м
- Ширина поля, $C = 1250$ м
- Длина выезда МТА, $e = 6$ м
- Ширина разворотной полосы: $E = 20$ м.

Подставим данные, полученные экспериментально, и аналитически определим холостой, рабочий и суммарный пути, коэффициент рабочих ходов для каждого из способов движения.

Данные, полученные при теоретическом расчете, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Данные, полученные при теоретическом расчете

Показатель	Челночный	С чередованием загонов
Холостой путь, м	31175	60365
Рабочий путь, м	488415	488415
Суммарный путь, м	519590	548780
Коэффициент рабочих ходов	0,94	0,89

Аналитическое сравнение способов движения показывает, что наибольшую протяженность холостых ходов имеет загонный способ с чередованием загонов всвал вразвал, из-за больших переездов с загона на загон. Его коэффициент использования рабочих ходов равен 0,89.

Челночный способ движения имеет коэффициент использования рабочих ходов 0,94. Столь сравнительно невысокий коэффициент объясняется тем, что челночный способ имеет большое количество

петлевых поворотов. Так как оборотный плуг имеет два комплекта рабочих органов, его материалоемкость увеличена вдвое, а стоимость в 2-3 раза выше по сравнению с традиционным отвальным плугом.

Указанные недостатки в меньшей мере присущи круговым способам движения агрегатов. Круговые способы практически не применяются при глубоких обработках почвы. Широкое применение безотвальных и комбинированных обработок почвы, развитие конструкций современных почвообрабатывающих орудий, использование системы GPS глобального позиционирования при вождении МТА по полю, позволяют сделать вывод о перспективности применения круговых способов движения почвообрабатывающих агрегатов.

Библиографический список

1. Зангиев А. А. Способы движения агрегатов при групповой организации их работы: Учеб. пособие. – М.: МИСП, 1987. – 55 с.: ил.
2. Лобачевский Я. П. Технологии и технические средства для гладкой вспашки: Учеб. пособие. – М.: МГАУ им. Горькина, 2001. – 98 с.: ил.
3. Хробостов С. Н. Эксплуатация машинно-тракторного парка. - изд. 2-е перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 607 с.: ил.

УДК 631.312.65

Старцев С.В., Сатыбаева Н. А.

Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПЛУГА С МАЛОЙ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ДЛИНОЙ

Рассмотрены теоретические предпосылки обоснования конструктивных параметров плуга с эшелонированной ступенчатой расстановкой рабочих органов на раме.

Главная конструктивная особенность традиционного лемешно-отвального плуга – эшелонированное ступенчатое расположение рабочих органов. Для увеличения ширины захвата путем увеличения числа корпусов (модулей) в плуге, такая форма приводит к резкому удлинению конструкции и сопровождается ухудшением технических, технологических и эксплуатационных показателей пахотного агрегата [1].

Однако рабочую ширину захвата такого плуга можно увеличить, изменяя положение несущего бруса рамы относительно направления движения пахотного агрегата. Причем количество корпусов плуга при этом остается постоянным. Расстановка рабочих органов с сохранением равновесия сил действующих в горизонтальной плоскости, позволяет агрегату обрабатывать пласт почвы, когда на каждый корпус поступает пласт больше его номинальной ширины захвата [2]. Не подрезаемые полосы почвы скалываются под углом ψ (рис.1) и сдвигаются перпендикулярно направлению движения деформатора (корпуса плуга).

Обозначим номинальную ширину каждого деформатора - v , а расстояние между соседними деформаторами - Δv . Тогда конструктивная ширина захвата орудия:

$$B_k = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n, \quad (1)$$

где v – ширина захвата деформатора, м; n – количество деформаторов, шт.

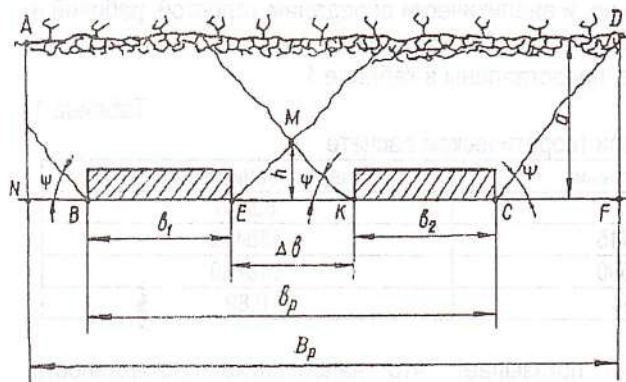


Рис.1. Схема подрезания почвы рабочими органами плуга

где a – глубина обработки почвы, м.

С учетом (2) и (4), рабочая ширина захвата определится как сумма составляющих:

$$B_p = v \cdot n + \Delta v (n - 1) + 2a \operatorname{ctg} \psi. \quad (5)$$

Соответственно, рабочая ширина захвата орудия:

$$B_p = v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n + \Delta v (n - 1). \quad (2)$$

Из треугольника EMK найдём величину расстановки деформаторов:

$$\Delta v = 2h \operatorname{ctg} \psi, \quad (3)$$

где h – высота гребней на дне борозды, см; ψ – угол наклона пласта ко дну борозды, град.

От действия крайних деформаторов разрушение почвы распространяется на величину отрезков NB и CF , которые из соответствующих треугольников с углом ψ определяются по формуле:

$$NB = CF = a \cdot \operatorname{ctg} \psi, \quad (4)$$

Подставляя выражение (3) в последнее уравнение, найдем окончательно ширину захвата:

$$B_p = e \cdot n + 2h \operatorname{ctg} \psi (n - 1) + 2a \operatorname{ctg} \psi. \quad (6)$$

Из последнего выражения следует, что с увеличением глубины обработки увеличивается величина разрушаемой деформатором почвы в горизонтальной плоскости.

Используя формулы (1) и (6), можно определить коэффициент использования конструктивной ширины захвата β такого орудия:

$$\beta = B_p / B_k = e \cdot n + 2h \operatorname{ctg} \psi (n - 1) + 2a \operatorname{ctg} \psi / B_k. \quad (7)$$

Рассматривая кинематику пахотного агрегата с малой кинематической длиной, установили соотношение между длиной плуга и его шириной захвата [3]. Эта зависимость определялась углом α установки основного бруса к направлению движения агрегата. Из выражения (6) также следует, что рабочая ширина захвата зависит от высоты гребней на дне борозды.

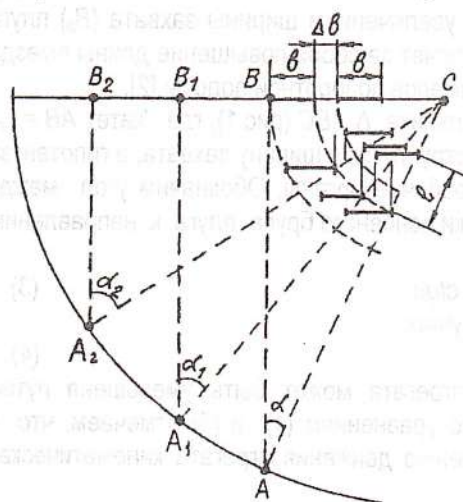


Рис.2. Схема к анализу зависимости ширины захвата плуга от угла установки несущего бруса

Чтобы связать эти параметры, рассмотрим схему, изображенную на рисунке 2. Введем обозначения в треугольник ABC. Сторона BC равна конструктивной ширине захвата ($BC = B_k$) орудия, а гипотенуза AC длине несущего бруса:

$$AC = l n, \quad (8)$$

где l - расстояние между точками крепления деформаторов на несущем брусам рамы, м.

Тогда, при изменении угла α ширина захвата плуга из ΔABC будет равна:

$$B_k = AC \sin \alpha = n l \sin \alpha. \quad (9)$$

Из уравнения (9) следует, что ширину захвата почвообрабатывающего орудия можно изменять путём расстановки различного количества рабочих органов на раме, но, не нарушая при этом агротехнически допустимых значений h . Учитывая это условие, найдём угол установки основного бруса:

$$\alpha = \arcsin [en + 2h \operatorname{ctg} \psi (n - 1)] / n l \quad (10)$$

Таким образом, последнее уравнение свидетельствует о возможностях улучшения кинематических характеристик пахотных агрегатов за счет увеличения угла установки несущего бруса к направлению движения при эшелонированном ступенчатом размещении рабочих органов.

Библиографический список

1. Сакун В.А. Современный этап и пути дальнейшего развития пахотных агрегатов / В.А. Сакун, Я.П. Лобачевский, О.А. Сизов // Техника в сельском хозяйстве. - 1991. - № 3. - С. 9 - 12.
2. Вайнруб И.В. Оптимизация режима работы пахотного агрегата / И.В. Вайнруб // Механизация и электрификация с.х. - 1980. - №11. - С.19 -21.
3. Старцев С.В. Повышение эффективности использования пахотных агрегатов путем улучшения их эксплуатационно-технологических параметров: Автореферат дис.... д-ра техн. наук. – Саратов, 2004. - 40 с.

УДК 631. 312. 65

Старцев С.В., Сатыбаева Н. А.
Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова

К ВОПРОСУ ТЕОРИИ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ ДЛИНЫ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА

Рассмотрены возможности улучшения кинематических характеристик пахотного агрегата с эшелонированной расстановкой рабочих органов на раме плуга.

С ростом механизации технологических процессов вспашки существенно возросла энергонасыщенность современных тракторов всех тяговых классов, изменились их эксплуатационные и технико-экономические показатели. Наряду с созданием перспективных тракторов высокой мощности, возникает необходимость комплектования их высокопроизводительной почвообрабатывающей техникой. К основным особенностям эксплуатации таких агрегатов, позволяющим полнее загружать энергонасыщенные тракторы можно отнести - применение широкозахватных почвообрабатывающих орудий. Однако наращивание ширины захвата ведет к росту габаритных размеров машинно-тракторного агрегата, особенно это сильно сказывается при комплектовании тракторов плугами общего назначения [1]. При увеличении ширины захвата таких орудий, с эшелонированной расстановкой рабочих органов на

несущем брус, как следствие возрастает кинематическая длина. Большие конструктивные размеры агрегатов требуют разметки широких поворотных полос, в результате возрастает длина холостого хода и уменьшается время производительной работы. Таким образом, совершенствование конструктивных параметров орудий в направлении увеличения ширины захвата без наращивания их длины, является актуальной научной и хозяйственной задачей.

Кинематическая длина пахотного агрегата складывается из собственно кинематической длины трактора $L_{тр}$ и кинематической длины орудия $L_{но}$ [2]:

$$L_{агр} = L_{тр} + L_{но} \quad (1)$$

Исследователями установлено, что последнее слагаемое в уравнении (1) зависит от ширины захвата орудия в следующем соотношении [1]:

$$L_{но} \approx 2,5 B_p \quad (2)$$

Анализируя приведённые выражения, можно отметить, с увеличением ширины захвата (B_p) плуга пропорционально возрастает кинематическая длина агрегата, что влечет за собой повышение длины выезда агрегата за контрольную линию при поворотах и соответственно размеров поворотной полосы [2].

Представим форму плуга общего назначения в виде треугольника ΔABC (рис.1), где катет $AB = L_{но}$ будет отражать кинематическую длину плуга, катет $BC = B$ - конструктивную ширину захвата, а гипотенуза AC - величину основного бруса рамы, на котором размещены рабочие органы. Обозначим угол между сторонами AB и AC через α , который характеризует угол установки основного бруса плуга к направлению движения агрегата. Из ΔABC найдём длину плуга:

$$AB = BC \operatorname{ctg} \alpha \quad \text{или} \quad L_{но} = B \operatorname{ctg} \alpha \quad (3)$$

Подставим последнее выражение (3) в уравнение (1), получим:

$$L_{агр} = L_{тр} + B \operatorname{ctg} \alpha \quad (4)$$

Из уравнения (4) следует, что кинематическая длина агрегата может быть уменьшена путем изменения угла α . Сравнивая зависимости (рис.2), построенные по уравнениям (1) и (3) отмечаем, что с увеличением угла установки основного агрегата бруса к направлению движения агрегата кинематическая длина пахотного уменьшается.

В конструктивном исполнении плугов общего назначения, известных в настоящее время в системе машин для основной обработки почвы, угол установки основного бруса составляет $\alpha = 27^\circ$ [1]. Зависимость, полученная по выражению (2) показывает, что при конструктивной ширине захвата 2,8 м, кинематическая длина орудия должна равняться 7м, что и соответствует плугу ПНЛ-8-35.

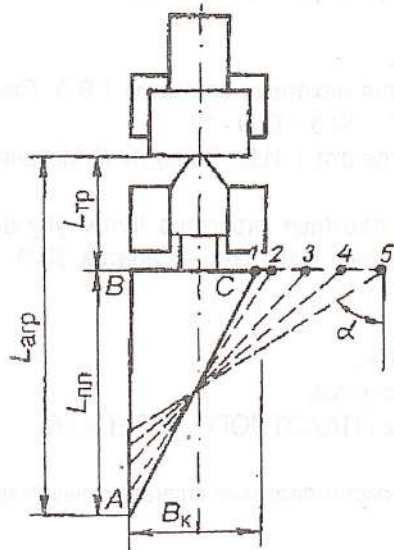


Рис.1. Схема пахотного агрегата с шарнирно-сочлененной рамой трактора с различными углами установки основного бруса: 1 - $\alpha = 27^\circ$ (лемешно-отвалы плуга общего назначения); 2 - $\alpha = 30^\circ$; 3 - $\alpha = 40^\circ$; 4 - $\alpha = 50^\circ$; 5 - $\alpha = 60^\circ$

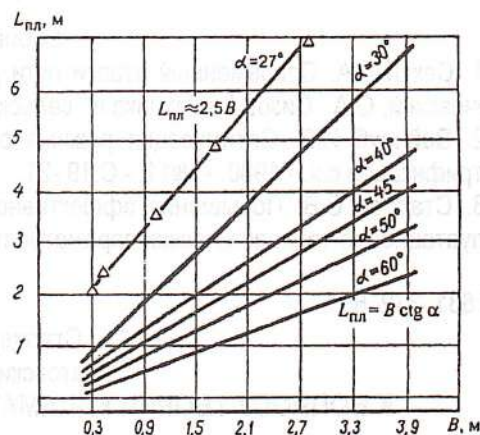


Рис.2. Зависимость кинематической длины плуга от ширины захвата, при различных углах установки бруса рамы почвообрабатывающего орудия

С целью практического воплощения выполненных теоретических исследований, для комплектования широкозахватных пахотных агрегатов не увеличивая их кинематической длины, а также расширения технологических и эксплуатационных возможностей агрегатов с перспективными тракторами различного тягового класса разработана конструкция рамы плуга [3]. Конструктивное исполнение рамы с использованием уравнения (3) послужило основой создания комплекса новой почвообрабатывающей техники

[4], кинематические параметры которой, в составе пахотных агрегатов с тракторами тягового класса 5, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование	Кинематические параметры пахотных агрегатов			
	Для отвальной вспашки		Для безотвальной обработки почвы	
	К-701+ПНИ-8-40	К-701+ПБК-5	К-701+ПНЛ-8-40+ЛП-0,35	К-701+ПБ-9
1. Угол установки основного бруса, град	27	50	27	45
2. Кинематическая длина агрегата, м	11,9	7,45	11,9	8,35
3. Конструктивная ширина захвата, м	3,2	3,8	3,2	4,5

Данные таблицы показывают, что увеличение угла установки основного бруса рамы к направлению движения пахотного агрегата позволяет увеличить ширину захвата орудия и добиться снижения кинематической длины всего агрегата.

Библиографический список

1. Лурье А.Л. Широкозахватные почвообрабатывающие машины / А.Л. Лурье, А.И. Любимов. - Л.: Машиностроение, 1981. - 270 с.
2. Иофинов С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А.Иофинов, Г.П. Лышко. 2-е изд. перераб. и доп. - М.: Колос, 1984. - 351 с.
3. Пат. 2195093 Россия, МКИ 7 А 01 В 15/00 Многокорпусный плуг. Бойков В.М., Беднов А.Н., Старцев С.В., Уфаев А.Г., Бобков С.А., Плешков Е.Н. (Россия). - 2000130411/13; Заявлено; Опубл.27.12.02. Бюл. №36. - 6 с.: ил.
4. Справочник инженера-механика сельскохозяйственного производства: Учебн. пособие. - М.: Росинформагротех, 2003. - Ч.1. - 340 с.

УДК: 631.816.33

Калашник Н.В., Гниломедов В.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ВНЕСЕНИЯ И ЗАДЕЛКИ В ПОЧВУ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ЯРОВОЙ И ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ

Рассмотрен актуальный вопрос внутрипочвенного локального внесения полных доз минеральных удобрений при основной минимальной обработке почвы макетным образцом агрегата с комбинированными рабочими органами.

Важнейшими задачами земледелия является получение дешевой конкурентоспособной продукции при сохранения плодородия пашни. Сложившаяся до этого традиционная технология возделывания сельскохозяйственных культур с ежегодной вспашкой не отвечает этим требованиям, так как этот агроприем требует больших затрат, нарушает естественные природные процессы почвообразования и вызывает деградацию черноземов. Однако несистемное применение новых ресурсосберегающих технологий возделывания сельскохозяйственных культур, исключая вспашку, приводит к накоплению в почве сорняков, вредителей и болезней, ухудшает пищевой режим. Поэтому для устранения этих недостатков необходимо дальнейшее совершенствование существующих ресурсосберегающих технологий с привлечением новых комбинированных почвообрабатывающих и посевных машин, обеспечивающих рациональные способы применения удобрений.

Исследования по сочетанию локального внутрипочвенного внесения минеральных удобрений сплошным экраном с минимальной обработкой почвы, при современных технологиях, с использованием новых почвообрабатывающих машин проводятся НИИ МППСХП Самарской ГСХА совместно с Самарским НИИСХ в Среднем Поволжье впервые.

Принципиально новым является разработка способов и глубины заделки минеральных удобрений (при минимальной и нулевой обработках) с помощью экспериментального агрегата макет - КУС с установленными на нем рабочими органами, состоящими из чизельного наральника с крыльями.

Агрегат макет - КУС выполняет функции:

- тяжелого стернового культиватора, т.ч. в комбинациях со сплошным прикатыванием почвы клиновым спиральным катком и внутрипочвенным внесением минеральных удобрений в уровень глубины обработки;

- чизельного культиватора, т.ч. в комбинациях со сплошным прикатыванием почвы клиновым спиральным катком и внутрипочвенным локальным внесением минеральных удобрений сплошным экраном в слой почвы от 10 до 20 см;

- комбинированного посевного агрегата с широколенточным разбросным посевом и сплошным прикатыванием почвы клиновым спиральным катком.

При проведении исследований все агрегаты для основной обработки почвы и внесения удобрений агрегатировались с трактором Т-150 К, размер делянок 0,15 га, повторность опыта трехкратная, учет урожая производился комбайном Сампо-500.

Исследуемые варианты технологий возделывания зерновых культур осуществлялись в условиях стационарного полевого опыта с использованием: в 1 и 2 вариантах для основной обработки почвы и заделки удобрений опыта плуга-рыхлителя универсального навесного ПРУН-5-45; в вариантах 3, 4 и 5 - разработанного и изготовленного макетного образца многофункционального комбинированного агрегата макет - КУС (универсальный культиватор-удобритель-сеялка); в 6 и 7 вариантах опыта для рыхления почвы и заделки удобрений использовались соответственно культиватор КПИР-3,8 со стрельчатыми рабочими органами и культиватор Lemken "Smaragd" с чизельно-стрельчатыми рабочими органами. Посев во всех 7 вариантах опыта осуществлялся агрегатом макет - КУС.

В однолетнем полевом опыте полное минеральное удобрение ($N_{60}P_{60}K_{40}$) заделывалось нижеприведенными способами в почву при ее осенней обработке. В четырехпольном зернопаровом севообороте: пар чистый, озимая пшеница, яровая пшеница, яровая пшеница. Изучались следующие варианты:

Вариант 1: вспашка с оборотом пласта почвы, на глубину 20-22 см без применения удобрений (контроль 1);

Вариант 2: поверхностное разбрасывание удобрений с последующей заделкой в почву посредством вспашки с оборотом пласта почвы, на глубину 20-22 см;

Вариант 3: рыхление почвы на глубину 14-16 см агрегатом макет - КУС с комбинированными чизельно-стрельчатыми рабочими органами без применения удобрений (контроль 2);

Вариант 4: рыхление почвы на глубину 14-16 см с одновременным внутрипочвенным локальным внесением удобрений сплошным экраном в слой почвы 8-16 см агрегатом макет - КУС с комбинированными чизельно-стрельчатыми рабочими органами;

Вариант 5: рыхление почвы на глубину 14-16 см с одновременным внутрипочвенным локальным внесением удобрений сплошным экраном в слой почвы 8-16 см агрегатом макет - КУС со стрельчатыми рабочими органами;

Вариант 6: поверхностное разбрасывание удобрений с последующей заделкой в почву посредством ее рыхления на глубину 14-16 см культиватором КПИР-3,8 с рабочими органами плоскорезающего типа;

Вариант 7: поверхностное разбрасывание удобрений с последующей заделкой в почву посредством ее рыхления на глубину 14-16 см комбинированным агрегатом Lemken «Smaragd».

Значения урожайности яровой и озимой пшеницы по исследуемым способам внесения минеральных удобрений и предшественникам приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Влияние способов внесения и заделки в почву минеральных удобрений на урожайность пшеницы яровой и озимой, ц/га

Исследуемые варианты способов внесения минеральных удобрений	Урожайность, ц/га		
	Озимая пшеница по пару	Яровая пшеница по озимой	Яровая пшеница по яровой
Вариант 1 – контроль 1 (вспашка без удобрений)	22,7	17,0	16,3
Вариант 2 (разбросной под вспашку)	26,3	19,1	18,6
Вариант 3 – контроль 2 (рыхление КУС чизельно-стрельч. без удобрений)	23,0	16,2	16,0
Вариант 4 (внутрипочвенный с рыхлением КУС чизельно-стрельч.)	25,4	18,6	17,7
Вариант 5 (внутрипочвенный с рыхлением КУС стрельч.)	25,7	18,4	17,8
Вариант 6 (разбросной с рыхлением КПИР-3,8)	22,4	17,2	16,1
Вариант 7 (разбросной с рыхлением Lemken «Smaragd»)	23,4	16,9	16,0

Анализ полученных результатов исследований показывает, что в погоднo-климатических условиях 2004 - 2005 гг. внесение минеральных удобрений разбросным способом под отвальную вспашку (вариант 2) обеспечило прибавку урожая пшеницы по всем предшественникам в сравнении с не удобренным контролем 1 на 2,1-3,6 ц/га или на 12,4-15,8 %.

В вариантах 3...7 с безотвальным рыхлением почвы наиболее эффективно внесение минеральных удобрений внутрипочвенно локально-ленточным способом (варианты 4 и 5). Такой способ заделки минеральных удобрений повысил продуктивность яровой пшеницы по сравнению с контролем 2 (вариант 3) на 1,7-2,4 ц/га или на 10,4-14,8 % и не уступал удобренной вспашке (вариант 2). Внесение удобрений разбросным способом с заделкой в почву рыхлением культиваторами КПИР-3,8 и Lemken «Smaragd» (варианты 6 и 7) не обеспечило прибавки урожая пшеницы по всем предшественникам.

По сравнению с исследуемым внутрипочвенным локально-ленточным способом внесения удобрений (варианты 4 и 5) разбросной способ внесения удобрений с последующим безотвальным рыхлением почвы (варианты 6 и 7) показали по всем предшественникам меньший на 1,5-2,3 ц/га урожай яровой пшеницы.

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что применение минеральных удобрений в условиях ресурсосбережения – обязательное условие получения стабильных урожаев зерновых культур. Внесение удобрений поверхностным разбрасыванием при минимализации обработок почвы неэффективно. Перспективным является внутрипочвенное локальное внесение минеральных удобрений, совмещенное с основной минимальной обработкой почвы.

Внутрипочвенное локальное внесение основной дозы минеральных удобрений существующими сельскохозяйственными машинами отечественного производства за один проход агрегата по полю невозможно осуществить технически ни при основной минимальной обработке почвы, ни, тем более, одновременно с посевом. Лабораторно-полевыми исследованиями, проводимыми Самарским НИИСХ и НИИ МППСХП Самарской ГСХА с использованием макетного образца культиватора – удобрителя КУС, создан задел для реализации перспективных технологических схем внутрипочвенного локального внесения минеральных удобрений.

УДК 631.51

Ишкин П.А.

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОМБИНИРОВАННОГО ОРУДИЯ ДЛЯ МИНИМАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ

Рассмотрены технические средства для борьбы с уплотнением почвы. Выполнена классификация комбинированных почвообрабатывающих рабочих органов и обоснована конструкция комбинированного орудия для минимальной обработки почвы.

Производство продукции растениеводства определяется уровнем плодородия почв. Плодородие почвы зависит от многих ее характеристик и в частности, от влажности, механического состава, количества гумуса, микроэлементов доступных растениям, плотности и т.д. [1]

Важнейшей из них является плотность, которая изменяется под влиянием современных средств механизации производства продукции растениеводства. В процессе производства продукции растениеводства тракторные агрегаты, уборочные и транспортные машины ходовыми системами воздействуют на почву и уплотняют ее [2,3].

Одним из направлений уменьшения уплотнения и разуплотнения почвы является механическое рыхление: вспашка с оборотом пласта, плоскорезная обработка, глубокое рыхление и т.д. [3]

Кроме механического разуплотнения, почва способна сама разуплотняться, в частности, при промораживании. Но эффективность этого процесса в большей степени зависит от количества влаги в уплотненном слое почвы. Для эффективного разуплотнения уплотненной почвы с помощью промораживания необходимо накопить осенне-зимнюю влагу, равномерно распределить в уплотненном слое почвы и сохранить до наступления заморозков.

Поиск технических решений данной задачи выявил ряд машин в определённой степени решающих данную задачу.

Плуги для основной отвальной обработки почвы выполняют рыхление уплотненного слоя почвы на глубину вспашки. Данная операция позволяет разрыхлить пласт почвы, но не обеспечивает эффективного сбора влаги в наиболее уплотненном слое почвы. Существенным недостатком плугов являются большие энергозатраты на обработку.

Основная безотвальная обработка выполняется плоскорезами, которые взламывают пласт почвы. Образовавшаяся глыбистая структура почвы легко впитывает влагу осадков, которая, просачиваясь между глыбами, уходит в нижние слои почвы, а сами глыбы остаются не смоченные.

Использование технологии минимальной обработки почвы подразумевает взамен основной обработки, проводить поверхностное рыхление почвы на глубину до 16 см. Взрыхленный верхний слой почвы хорошо впитывает осенне-зимнюю влагу. Впитавшаяся влага равномерно распределяется по всему взрыхленному слою и равномерно поступают в нижние уплотненные слои. Достоинством минимальной обработки является значительное энергоресурсосбережение.

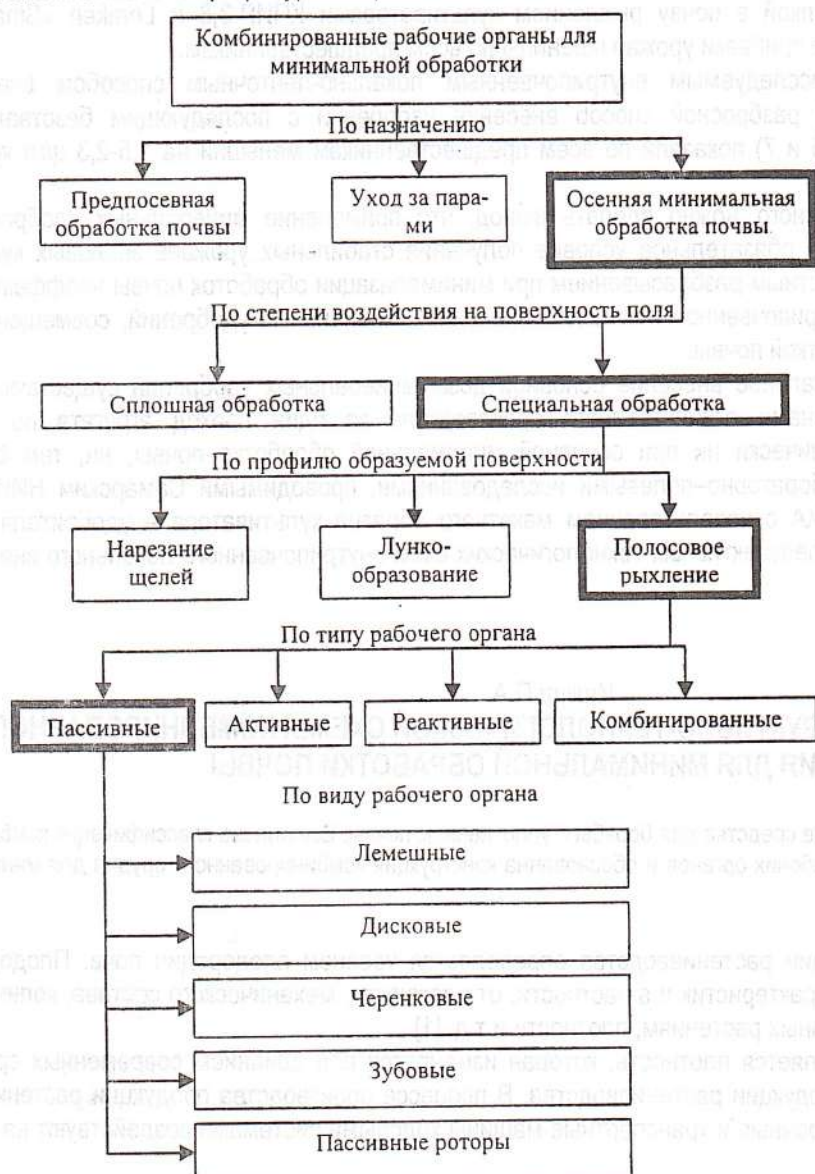


Рис.1. Классификация комбинированных рабочих органов для минимальной обработки почвы

Для выполнения минимальной обработки разработано большое количество рабочих органов, которые можно классифицировать по следующим основным признакам:

- по назначению их можно разделить на рабочие органы для предпосевной обработки, ухода за парами и для осенней минимальной обработки почвы;
- по степени воздействия на поверхность почвы на органы для сплошной обработки и специальной. К специальной обработке относят такие как нарезание щелей, лункообразование, полосовое рыхление и другие операции, нацеленные на накопление влаги в верхнем слое почвы;
- по типу рабочего органа на пассивные, активные, реактивные и комбинированные. Наиболее простыми и надёжными являются пассивные рабочие органы. К ним можно отнести следующие виды рабочих органов: лемешные, дисковые, черенковые, зубовые, пассивные роторы и др.

Разработанная классификация комбинированных рабочих органов (рис.1) для минимальной обработки почвы позволила выявить пути совершенствования способов минимальной обработки почвы и рабо-

чих органов для её выполнения. Одним из перспективных направлений является дискретное по площади рыхление почвы на небольшую глубину взамен сплошному рыхлению, с созданием условий позволяющих влаге равномерно распределиться как в разрыхленной ее части, так и в не разрыхленной.

Для выполнения данной задачи можно использовать орудие, состоящее из необходимых рабочих органов, создающих необходимые условия для естественного разуплотнения почвы, что позволяет значительно сократить энергозатраты на обработку и снизить отрицательное воздействие ходовых систем машин и рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов.

Библиографический список

1. Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. – М.: Колос, 2000. – 416с.: ил.
2. Кравченко В.И. Уплотнение почв машинами. – Алма-Ата: Наука, 1986. – 96с.
3. Русанов В.А. Проблема переуплотнения почв движителями и эффективные пути её решения. – М.: ВИМ, 1998. – 368с.: ил.

УДК 631.3.05

Бармин Н.В., Переверзов В.Д., Крючин Н.П.

РАЗРАБОТКА СЕРВОПРИВОДА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВАМИ ДОЗИРОВАНИЯ СЕМЯН И УДОБРЕНИЙ

Приводится описание и принцип работы сервопривода, который может быть применен в системе точного земледелия для дозирования внесения удобрений и семян.

Получение стабильных урожаев зерновых и кормовых культур в условиях климата Среднего Поволжья на землях со средним и низким плодородием и низкой финансовой состоятельностью хозяйств возможно путем повышения технологического уровня растениеводства, используя современные достижения агрономии и технические средства регулирования и оптимального управления агрегатом. Регулирование и оптимальное управление технологическими процессами в растениеводстве на современном этапе требует разработки и внедрения средств автоматизации для применения на сельхозмашинах в реальных условиях эксплуатации.

Развитие точного земледелия как нового научного направления позволяющего минимизировать затраты при получении потенциально возможной отдачи от экосистемы также не возможно без развития технических средств контроля и локального управления параметрами технологического процесса.

Задача оптимизации с точки зрения точного земледелия может быть сформулирована следующим образом: при нерегулируемых внешних (климатических) условиях, по априорным данным о предыдущей урожайности конкретного участка (картография урожайности) или наличия гумуса (картография потенциального плодородия) высеять расчетную дозу семян и внести оптимальную дозу удобрений на данном участке. Таким образом, при всех равных условиях, наиболее влияющими факторами являются дозы посева семян и внесения удобрений.

Регулировка указанных параметров на сеялках и разбрасывателях возможна двумя способами: 1) управление положением заслонок, шиберов и рычагов дозирующих устройств или систем подачи воздуха; 2) управление скоростью вращения валов привода дозирующих устройств. Ниже будут рассмотрены вопросы создания простого и надежного привода для управления положением заслонки дозирующего устройства сеялки или разбрасывателя.



Рис.1. Блок-схема регулятора положения заслонки

Типовая блок-схема регулятора положения заслонки изображенная на рисунке 1 состоит из датчиков положения ручки управления и заслонки, схемы сравнения сигналов с датчиков, схемы формирования напряжения питания двигателя привода заслонки.

Регулятор, блок-схема, которого изображена на рисунке 1, выполняет функцию дистанционного управления, в данном случае ручного, положением заслонки дозатора, что дает возможность оператору в ручном режиме изменить дозу высева семян или внесения удобрений при наличии мониторинга параметров работы машины или состояния поля.

Синтез принципиальной схемы регулятора возможен при формализации более подробных функциональных и конструктивных требований. Перечислим сначала функциональные требования к разрабатываемой конструкции: 1) наличие гистерезиса или зоны нечувствительности Δ характеристики, позволяющей избежать неустойчивой работы регулятора; 2) Δ - должен быть меньше требуемой погрешности регулирования; 3) скорость привода заслонки должна быть максимальной и не зависеть от дифференциала сигналов датчиков; 4) возможность работы регулятора от стандартного сигнала 0-10В.

Конструктивные требования к устройствам автоматики сеялок и разбрасывателей следующие: 1) однополярное не стабилизированное питание от бортовой сети по однопроводной схеме; 2) инвариантность характеристик регулятора к изменению напряжения питания; 3) модульная конструкция, позволяющая расширить функциональные возможности и охватить значительный диапазон исполнительных устройств.

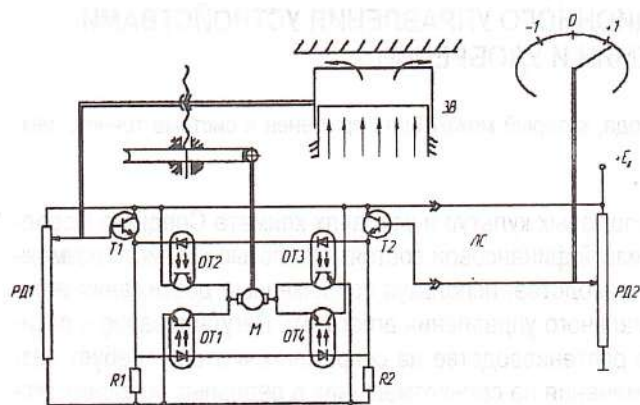


Рис.2. Следящая система управления заслонкой

разбаланс их равен «нулю», т.е. при $R_{d1} = R_{d2}$, что соответствует одинаковому положению датчиков, имеем при $E_{п1} \rightarrow |U_{d1} - U_{d2}| = 0$ и при $E_{п2} \rightarrow |U_{d1} - U_{d2}| = 0$, если $E_{п1} \neq E_{п2}$.

Напряжение с реохордных датчиков РД1 и РД2 поступает на входы эмиттерных повторителей собранных на транзисторах Т1 и Т2 нагрузками которых являются сопротивления R1, R2 и светодиоды транзисторных оптронов ОТ1, ОТ2, ОТ3, ОТ4.

Исполнительный двигатель ДПМ-20 постоянного тока напряжением 9-12В включен на напряжение бортовой сети через оптронные ключи, соединенные в мостовую схему, что позволяет при однополярном питании осуществить его реверс. Использование оптронных ключей при управлении двигателем М1 позволило осуществить гальваническую развязку с цепями управления и получить зону Δ в окрестности нулевого разбаланса. При необходимости применения двигателя более мощного ключи выполняют в виде составного транзистора.

Рассмотрим работу регулятора положения заслонки дозирующего устройства при ручном задании установочной величины. Предположим что проведена тарировка дозатора сеялки на норму высева, а реохордный датчик РД1 с указателем У и РД2 установлены в среднее положение. При необходимости увеличить норму, по указателю У изменим положение РД1 в этом случае $U_{d1} < U_{d2}$ и $U_{R1} < U_{R2}$. Разность $\Delta U = U_{R2} - U_{R1}$ приложенная к светодиодам оптронов ОТ2 и ОТ3 открывает ключи через которые напряжение питания подается на исполнительный двигатель М1, который через редуктор одновременно перемещает заслонку и реохордный датчик РД1. Перемещение будет продолжаться до тех пор пока разбаланс не уменьшится до зоны нечувствительности, которая при использовании оптронов АОТ101Ж находится в пределах 0,3 - 0,4В, что составляет 2,5% от напряжения питания. При диапазоне регулировки нормы -25% - 0 - +25% точность установки будет 1,25%. В случае уменьшения нормы получим $U_{d1} > U_{d2}$ и $U_{R1} > U_{R2}$, а разность $\Delta U = U_{R2} - U_{R1}$ приложенная к светодиодам оптронов ОТ1 и ОТ4 открывает ключи и прикладывает $E_{п}$ к двигателю в обратной полярности.

Управление регулятором положения заслонки дозатора может быть осуществлено от оптического датчика фактической нормы высева, т.е. организовав такую обратную связь, получаем устройство стабилизации нормы высева мелкосемянных культур.

На рисунке 2 приведена принципиальная схема простейшего регулятора удовлетворяющего описанным требованиям. Ниже показано применение принципа инвариантности при создании схемы удовлетворяющей перечисленным требованиям.

Питание регулятора осуществляется от нестабилизированного напряжения бортовой сети трактора, по однопроводной схеме (не считая $\leftrightarrow$ соединяющего несущие конструкции трактора и машины). Плечи реохордных датчиков РД1 и РД2 соединены по мостовой схеме исключая влияние изменения напряжения питания на положение датчиков при котором

Примером использования описанного устройства может быть также регулирование нормы внесения удобрений от управляющего сигнала с FLASH карты, выборка которого производится от синхросигнала GPS приемника в соответствии с координатами положения мобильного агрегата.

УДК 631.362

Волосевич П.Н.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

СООТНОШЕНИЕ РАЗМЕРОВ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ КАК ОБОСНОВАНИЕ ФОРМЫ И РАЗМЕРОВ ОТВЕРСТИЙ КАЛИБРУЮЩИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КАРТОФЕЛЕСОРТИРОВАЛЬНЫХ МАШИН

Обобщены многолетние результаты исследований физико-механических свойств клубней районированных сортов картофеля, в результате которых выявлены основные закономерности, необходимые для обоснования размеров и формы отверстий рабочих органов картофелесортировальных машин.

Биологической особенностью урожая картофеля является их большое разнообразие по форме и размерам клубней.

По международной классификации [1] клубни картофеля принято делить на три группы, отличающиеся друг от друга индексом формы k – отношение толщины клубня к длине. По этому признаку выделяют клубни округлой формы с индексом k не превышающем 1,2 и обозначаемые символом «О», клубни удлиненно-овальной формы с индексом $k=1,3...1,6$ и обозначаемые символом «УО», клубни длинно-овальной формы с индексом $k>1,6$ и обозначаемые символом «Д».

По размерам клубней принято обозначать: наибольший размер «а» - длина, средний размер «b» - ширина и наименьший размер «с» - толщина.

Диапазон массы клубней убранных картофелесортировальными машинами очень широк. В то же время, признаком, определяющим назначение клубней, является их масса.

По отечественному стандарту принято подразделять картофель по массе клубней на три группы: крупный – продовольственный картофель с массой клубней 80 г. и более; средний – семенной картофель с массой клубней 80...50 г.; мелкий – кормовой картофель с массой клубней 50...30 г.

По потребительскому стандарту продовольственный картофель подразделяют по размерам на отборный и рядовой. Для ранних сортов отборные клубни по наименьшему размеру «с» должны быть не менее 40 мм, а рядовые – не менее 30 мм. Для поздних сортов наименьший размер отборных клубней должен быть не менее 50...60 мм, а рядовых – 35...40 мм.

Более жесткие требования к массе и размерам клубней по агротехническим требованиям предъявляются к семенному картофелю. Это обуславливается тем, что от выравненности посадочного материала по размерам зависит качество работы картофелепосадочных машин, а по массе – урожайность.

Несмотря на то, что принадлежность клубней к той или иной фракции определяется их массой, машин разделяющих клубни на фракции по массе до сегодняшнего дня не существует. Как в России, так и за рубежом все известные картофелесортировальные машины разделяют клубни картофеля на фракции по их размерам.

Для характеристики фракций клубней и их доли в общем урожае, подбора калибрующих рабочих органов картофелесортировальных машин предложены методики, основанные на использовании математического аппарата и понятии теории множеств [2], которые до настоящего времени ввиду сложности и некоторой неопределенности практического применения не получили.

За последние 20 лет в России произошли существенные изменения в сортовом районировании культуры картофеля. Многие сорта, занимавшие значительные посевные площади еще в 80-х и начале 90-х годов потеряли свою актуальность и были исключены из списка районированных. В государственный реестр сортов внесено большое количество новых, как отечественной, так и зарубежной селекции. Следует также отметить такие особенности культуры картофеля, как массовость его производства, разнообразие сортов по назначению и связанное с этим многообразие форм, размеров, массы и некоторых других физико-механических свойств клубней [3].

Клубни округлой формы достаточно четко делятся на фракции на рабочих органах с квадратными или правильными шестиугольными отверстиями.

Сложнее дело обстоит при калибровании клубней удлиненно-овальной и длинно-овальной форм. Клубни таких форм более четко на размерные фракции делятся на решетках с продолговатыми

шестиугольными отверстиями [4]. При этом нет четко выраженного калибровочного размера. Клубни в такие отверстия проходят либо по толщине, либо по ширине, либо по среднему размеру поперечного сечения. Это обусловлено тем, что продольные прутки, образующие боковые стороны удлиненных шестиугольных отверстий расположены на поле решета в шахматном порядке, и при попадании на них клубней они опрокидываются в отверстия.

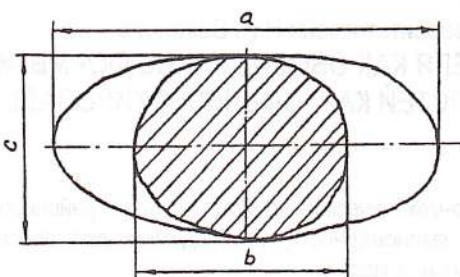


Рис. 1. Геометрические параметры клубня картофеля удлиненно-овальной и длинно-овальной форм

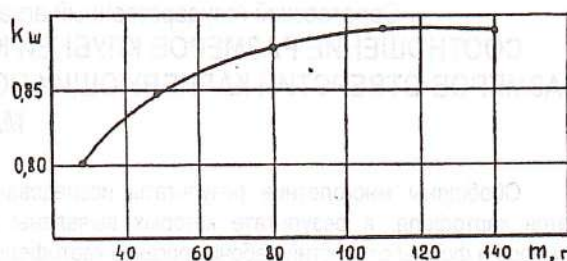


Рис. 2. Зависимость индекса формы поперечного сечения клубней от их массы

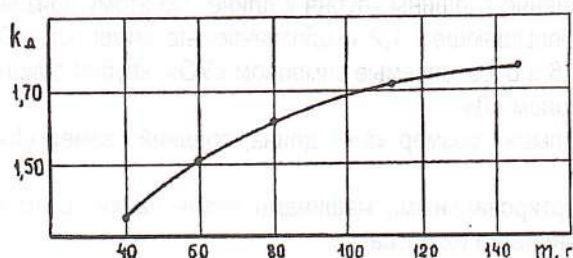


Рис. 3. Зависимость индекса формы клубней как отношение среднего значения поперечного сечения к длине от их массы

индекса формы поперечного сечения клубней, определяемая по формуле:

$$k_w = c/b. \quad (2)$$

Анализ зависимости показывает, что с увеличением массы клубней до 80 г происходит достаточно интенсивное увеличение индекса формы поперечного сечения. При массе клубней 80 г и более индекс формы поперечного сечения клубней картофеля сорта «Лаймдота» достигает максимального значения 0,87...0,89 и, при дальнейшем увеличении массы клубней практически остается постоянным. Этот факт еще раз подчеркивает, что при выборе ширины продолговатых шестиугольных отверстий решет следует ориентироваться на среднее значение поперечного сечения клубней.

Аналогичная зависимость (рис. 3) была получена при определении индекса формы клубней по длине, при этом он определялся как отношение среднего значения поперечного сечения к длине клубня:

$$k_d = b_{cp}/a, \quad (3)$$

где $b_{cp} = (b+c)/2$.

Анализ зависимости показывает, что увеличение значения k_d наблюдается при увеличении массы клубней до 120 г, а далее остается практически постоянным и равным 1,70...1,75.

Полученные геометрические характеристики клубней дают возможность подходить строго аргументировано к выбору формы и размеров отверстий решет картофелесортировальных машин.

Библиографический список

1. Технологии, машины оборудование для возделывания, уборки, хранения и переработки картофеля: Каталог-справочник. – М.: Информагротех, 1994. – 96 с.
2. Шабуров Н.В. Калибрование клубней картофеля // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 11. – 1987. – С. 33-35.
3. Волосевич П.Н. Некоторые физико-механические свойства клубней картофеля в приложении к выбору рационального способа калибрования // Совершенствование технических средств в растениеводстве: Сб. науч. раб. СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 1998. – С. 7-12.

4. Волосевич П.Н. Грохотная картофелесортировальная машина с новой калибрующей поверхностью // Совершенствование рабочих процессов и обоснование параметров машин для сельскохозяйственного производства: Сб. науч. раб. СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 1999. – С. 12-14.

УДК 631.362

Волосевич П.Н.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАЛИБРОВАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ НА РЕШЕТАХ С ОТВЕРСТИЯМИ ШЕСТИУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Представлены результаты теоретических исследований технологического процесса картофелесортировальных машин с решетками, образованными шестиугольными отверстиями.

Производительность решетных поверхностей зависит, в основном, от коэффициента пропускной способности решет λ , представляющего собой отношение суммарной площади отверстий решета к его общей площади.

Максимальное значение λ имеют решета с квадратными отверстиями, но они имеют и самую низкую точность калибрования, т.к. клубень в квадратное отверстие может проходить как по стороне, так и по диагонали, превышающую сторону по длине на 41%.

Высокую точность калибрования дают решета с круглыми отверстиями, но они имеют самое низкое значение λ . Максимально возможное теоретическое значение λ решет с круглыми отверстиями, определяемого по геометрическим параметрам, может быть:

$$\lambda_{кр} = \pi/4 = 0,78. \quad (1)$$

Из геометрических фигур к окружностям близки правильные шестиугольники, диагональ которых по длине отличается от стороны только на 15%, а максимально возможное теоретическое значение коэффициента пропускной способности, определяемое по геометрическим параметрам, может быть:

$$\lambda_{ш} = \pi/3,45 = 0,91. \quad (2)$$

Учитывая последнее обстоятельство, нами были разработаны для калибрования клубней картофеля плоские решета с отверстиями правильной шестиугольной формы [1], у которых диаметр вписанной окружности соответствует ширине калибруемых клубней, которые должны проходить через отверстия решета.

Теоретических исследований движения клубней по колеблющейся решетной поверхности, образованной правильными шестиугольниками, в литературе нет.

Вторым принципиальным отличием от известных исследований является то, что автором впервые предпринята попытка рассмотреть взаимодействие с колеблющейся решетной поверхностью клубней картофеля, как тел, имеющих вполне определенные форму и размеры.

Как было установлено нами в ранее выполненных исследованиях [2, 3], около 30% современных районированных сортов картофеля имеют клубни округлой формы с индексом не превышающем 1,2, которые наиболее рационально калибровать на решетках с отверстиями правильной шестиугольной формы. Для теоретического исследования с достаточно малой степенью погрешности клубни округлой формы могут рассматриваться как шар.

Для облегчения технологического процесса клубни идущие по поверхности решета сходом, должны перекатываться по ней. Шар, накатываясь на шестиугольное отверстие, будет частично западать в него, опираясь на его ребра в точках ADBFKM (рис. 1), являющиеся серединами сторон шестиугольника. Начальный момент выкатывания клубня наступит при его равновесии в отверстии.

Взаимосвязи геометрических параметров шаровидного клубня и шестиугольного отверстия определим, рассмотрев сечение по линии АОВ (рис. 1) вертикальной плоскостью параллельной плоскости перекатывания клубня и шаровидный сектор О АОВ (рис. 2), обозначив радиус шаровидного клубня $r_{кл}$, мгновенный радиус качения клубня – r_k .

Из геометрических соотношений получим:

$$OO_1 = D_{вп}/4, \quad (3)$$

где $D_{вп}$ – диаметр окружности вписанной в шестиугольное отверстие.

Мгновенный радиус качения клубня будет:

$$r_k = 0,25\sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2}. \quad (4)$$

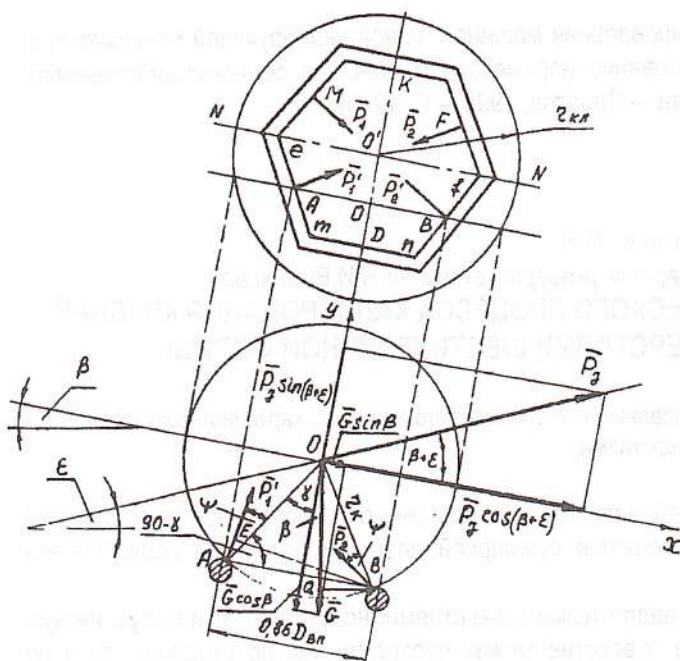


Рис. 1. Схема к определению равновесия клубня, находящегося в отверстии

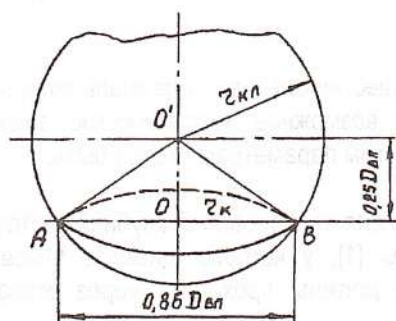


Рис. 2. Схема к определению взаимосвязи геометрических параметров клубня и шестиугольного отверстия решета

Для определения условий равновесия клубня, находящегося в отверстии решета, воспользуемся прямоугольной системой координат xOy (рис. 1), ось Ox , которой направим параллельно поверхности решета с положительным направлением по ходу технологического процесса, а сумму моментов возьмем относительно точки B , вокруг которой клубень будет поворачиваться при перекачивании.

Условие равновесия клубня запишется:

$$\sum P_{Oy}: P_1 \sin(\beta + \epsilon) - G \cos \beta + P_1 \cos(\gamma - \psi) + P_2 \cos(\gamma + \psi) = 0;$$

$$\sum P_{Ox}: P_1 \cos(\beta + \epsilon) + G \sin \beta + P_1 \sin(\gamma - \psi) - P_2 \sin(\gamma + \psi) = 0;$$

$$\sum M_B: P_1 \cdot BC + P_1 \cdot BE - G \cdot BQ; \quad (5)$$

где P_1 - сила инерции клубня, вызванная колебательным движением решета;

G - сила тяжести клубня;

P_1 - проекция на вертикальную плоскость суммарной реакции в точках опоры клубня A и M ;

P_2 - проекция на вертикальную плоскость суммарной реакции в точках опоры клубня B и F ;

β - угол наклона решета к горизонту;

ϵ - угол наклона к горизонту линии действия шатуна;

ψ - угол трения качения клубней по решетной поверхности;

γ - угол между мгновенным радиусом качения клубня r_k и осью Oy , определяемый из выражения:

$$\gamma = \arcsin(1,72 D_{вп} / \sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2});$$

$$BC = 0,25 \cos(\gamma - \beta - \epsilon) \sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2} - \text{плечо силы } P_1;$$

$$BE = 0,86 D_{вп} \cos(\gamma - \psi) - \text{плечо силы } P_1;$$

$$BQ = 0,25 \sin(\gamma - \beta) \sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2} - \text{плечо силы } G.$$

Решив систему уравнений (5) и произведя замену $P_1 = m\omega^2 A$ и

$G = mg$, получим:

$$\omega^2 A = g [0,25 \sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2} \sin(\gamma - \beta) \sin 2\gamma - 0,86 D_{вп} \cos(\gamma - \psi) \sin(\beta - \gamma - \psi)] / [0,25 \sqrt{16 r_{кл}^2 - D_{вп}^2} \sin(\gamma - \beta) \sin 2\gamma - 0,86 D_{вп} \cos(\gamma - \psi) \cos(\beta + \epsilon - \gamma - \psi)], \quad (6)$$

где ω - частота колебаний решета; A - амплитуда колебаний решета.

Уравнение (6) описывает равновесие клубня в отверстии решета при возможности его перемещения по ходу технологического процесса и устанавливает связь между свойствами калибруемых клубней ($r_{кл}$, ψ), параметрами решета ($D_{вп}$, β , ϵ) и режимами его работы (ω , A). Для облегчения движения клубней по решетам необходимо, чтобы уравнение (6) стало неравенством, у которого левая часть стала больше правой, чего можно достичь либо увеличением амплитуды A , либо частоты ω .

С точки зрения агротребований, предъявляемых к качеству сортирования картофеля, увеличение левой части уравнения (6) целесообразно осуществлять за счет увеличения амплитуды, т.к. повышение частоты колебаний увеличивает силу инерции P_1 пропорционально квадрату частоты колебаний при одновременном уменьшении времени ее действия, что приводит к ударному воздействию решет на клубень и увеличивает их травмирование.

Схема силового взаимодействия клубней картофеля с решетной поверхностью (рис. 1) позволяет выявить условия, определяющие характер движения клубней, т.е. с отрывом или без отрыва от поверхности решета.

Движение клубней без отрыва от поверхности решета является обязательным условием работы картофелесортировальной машины, т.к. исключает дополнительные соударения клубней с элементами решетной поверхности.

Как видно из рисунка 1 для обеспечения безотрывного движения клубней по решетку необходимо соблюдение условия:

$$P_1 \sin(\beta + \epsilon) \leq G \cos \beta. \quad (7)$$

Подставив в уравнение (7) значения P_1 и G , получим:

$$\omega^2 A \leq g \cos \beta / \sin(\beta + \epsilon). \quad (8)$$

Уравнения (6) и (8), полученные в результате теоретического анализа процесса взаимодействия клубней с колеблющейся решетной поверхностью, дают возможность предварительно определить ориентировочные значения режимов работы калибровщика клубней картофеля.

Библиографический список

1. Патент на полезную модель №40836. Картофелесортировальная машина / Волосевич П.Н. - №2004114104; заяв. 06.05.04; опубл. 10.10.2004. Бюл. №28.
2. Волосевич П.Н. Некоторые физико-механические свойства клубней картофеля в приложении к выбору рационального способа калибрования // Совершенствование технических средств в растениеводстве: Сб. науч. раб. СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 1998. – С.7...8.
3. Волосевич П.Н. Пути совершенствования решетных поверхностей сортировально-калибровочных машин // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая с.х. культур: Сб. науч. трудов ВИМ. – Т. 32. – М., 2000. – С. 86...91.

УДК 631.362

Волосевич П.Н.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ КОНТУРОВ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОРМ

Приведены результаты математизированных описаний контуров продольных и поперечных сечений клубней картофеля различных форм, предусмотренных международной классификацией, позволяющие аргументировать форму и размеры отверстий решет картофелесортировальных машин.

Поскольку продольные и поперечные сечения клубней картофеля представляют собой замкнутые криволинейные контуры с определенными соотношениями величин главных осей [1], вполне оправданной будет рабочая гипотеза, позволяющая предположить, что достаточно близко их можно описать известными математическими уравнениями с той или иной степенью точности вполне допустимой в агроинженерных исследованиях. Математическое описание позволяет охарактеризовать клубни различных сортов картофеля как тела максимально приближенные к объемным телам классической геометрической формы.

Такое представление формы клубней позволит более аргументировано и теоретически обоснованно подойти к выработке методики построения формы и определения размеров отверстий решет картофелесортировальных машин.

Линии поверхности сечения клубней исследуемых сортов экспериментально определялись следующим образом. Клубень разрезался в продольном направлении на две равновеликие части и обводился по контуру на бумаге, затем - в поперечном направлении и линия контура также переносилась на бумагу.

Линия контура по взаимно перпендикулярным осям x и y делилась на равные интервалы через каждые 5 мм и для каждой точки определялись координаты точек, подвергавшиеся в дальнейшем статистической обработке.

По полученным координатам, средние значения которых сводились в таблицу, строились экспериментально полученные линии контуров.

Клубни сортов картофеля, имеющие округлую форму, и обозначаемые в международной классификации символом «О» весьма близко подходят к шару, а в продольных и поперечных сечениях будут получаться линии, близко характеризующие уравнение окружности.

Одним из самых распространенных в Поволжье сортов картофеля, имеющих округлую форму, является сорт «Волжанин», на котором и были проведены экспериментальные исследования.

Таблица 1

Параметры линий поверхности сечения клубня округлой формы

x , мм	0	5	10	15	20	24,8
y_z , мм	24,8	23,7	21,9	18,8	13,9	0
y_r , мм	24,8	24,3	22,7	19,7	14,7	0
Δy , %	0	2,5	3,7	4,9	5,6	0
$\Delta y_{cp} = 4,2\%$						

На рисунке 1 представлены линии поверхности сечения клубня округлой формы сорта «Волжанин», полученные экспериментально (кривая 1) по фактически полученным координатам (табл. 1).

Как видно из рисунка 1, на котором нанесена часть окружности (кривая 2) линии 1 и 2 достаточно полно совпадают, что дает основание считать, что клубни картофеля имеют в сечении линию контура поверхности близкую к окружности, параметрическое уравнение которой имеет вид:

$$y = \sqrt{R^2 - x^2}. \quad (1)$$

Далее, задаваясь абсциссами x , определялись теоретические ординаты y_t , которые заносились в таблицу 1. В этой же таблице представлены экспериментальные значения ординат y_z и значения отклонений теоретических ординат точек окружности от экспериментальных выраженных в процентах.

Численные выражения экспериментальных значений координат кривой 1 позволяют определить уравнение этой линии путем получения интерполяционного многочлена [3] методом Ньютона.

Решение системы уравнений, составленных по координатам точек контура поверхности сечения клубня дает интерполяционный многочлен в виде:

$$y_z = 24,7 - 0,14x - 0,008x^2. \quad (2)$$

В таблице 1 представлены обобщенные данные по взаимно перпендикулярным сечениям клубней картофеля сорта «Волжанин». По данным этой таблицы можно сделать вывод, что с погрешностью в среднем равной 4,2% клубни этого сорта представляют собой шар.

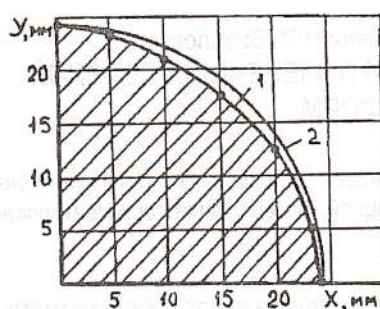


Рис. 1. Линии поверхности сечения клубня округлой формы: 1- экспериментальная; 2 – теоретическая

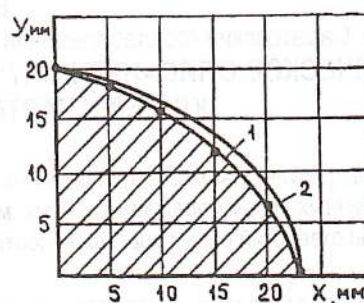


Рис. 2. Линии поверхности поперечного сечения клубня удлиненно-овальной формы: 1- экспериментальная; 2 – теоретическая

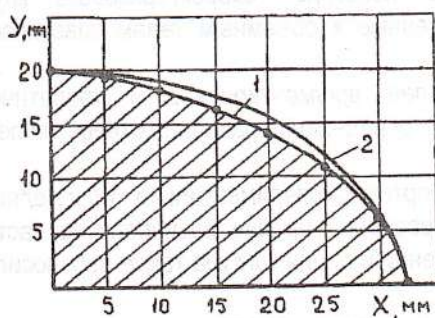


Рис. 2. Линии поверхности продольного сечения клубня удлиненно-овальной формы: 1- экспериментальная; 2 – теоретическая

По аналогичной методике исследованиям был подвергнут картофель районированного в Поволжье сорта «Лаймдота», имеющего клубни удлиненно-овальной формы, обозначаемые в международной классификации символом «УО».

На рисунке 2 представлена экспериментальная линия контура поверхности клубня в поперечном сечении (линия 1), на рисунке 3 – в продольном сечении (линия 1).

Из параметрического уравнения эллипса:

$$x^2/a_1^2 + y^2/b_1^2 = 1, \quad (3)$$

где a_1 и b_1 соответственно большая и малая полуоси эллипса.

Можно выразить:

$$y = (b_1/a_1) \sqrt{a_1^2 - x^2}. \quad (4)$$

Задаваясь значениями x с шагом 5 мм для поперечного и 7 мм для продольного, получены значения координат y_t для эллипса с заданными полуосями, по которым построены теоретические кривые (линии 2 на рис. 2 и 3).

Полученные численные значения координат представлены для поперечного сечения клубня в таблице 2, для продольного – в таблице 3.

Таблица 2

Параметры линий поверхности поперечного сечения клубня удлиненно-овальной формы

x , мм	0	5	10	15	20	23,4
y_z , мм	19,7	18,6	17,0	14,4	9,6	0
y_t , мм	19,7	19,2	17,8	15,1	10,2	0
Δy , %	0	3,2	4,7	4,9	6,2	0
$\Delta y_{\text{ср}} = 4,75 \%$						

Как показывают данные таблицы 2, в поперечном сечении контур клубня отличается от эллипса в среднем на 4,75%. Интерполяционный многочлен экспериментальной линии поверхности поперечного сечения клубня имеет вид:

$$y_3 = 20,4 - 0,46x + 0,028x^2. \quad (5)$$

Таблица 2

Параметры линий поверхности продольного сечения клубня удлиненно-овальной формы

x, мм	0	7	14	21	28	32,6
y _з , мм	20,1	19,1	17,6	14,1	9,6	0
y _т , мм	20,1	19,6	18,2	15,4	10,3	0
Δy, %	0	2,6	3,4	9,2	7,3	0
Δy _{ср} = 5,6 %						

По данным таблицы 3 получен интерполяционный многочлен экспериментальной линии поверхности продольного сечения клубня, имеющий вид:

$$y_3 = 16,2 + 0,83x - 0,066x^2. \quad (6)$$

Как показывают данные таблицы 3, в продольном сечении контур клубней отличается от эллипса в среднем на 5,6 %.

Полученные на основании экспериментальных данных и математического описания контуры клубней в поперечном и продольном сечениях позволяют обосновать форму и размеры отверстий наборов решет для картофелесортировальных машин, обеспечивающих их работу на любых сортах картофеля.

Библиографический список

1. Волосевич П.Н. Некоторые физико-механические свойства клубней картофеля и обоснование новой формы калибрующих отверстий / Волосевич П.Н., Душаев С.В., Назаров Е.Н. // Вопросы научно-технического прогресса на железнодорожном транспорте и в АПК: Межвузовский сб. науч. труд. - Вып. 18. Ч. 3. - Самара, 2000. - С. 23-25.
2. Волосевич П.Н. Пути совершенствования решетных поверхностей сортировально-калибровочных машин / Волосевич П.Н. // Механизация уборки, послеуборочной обработки и хранения урожая сельскохозяйственных культур: Сб. науч. труд. ВИМ. - Т. 132. - М., 2000. - С. 42-45.
3. Гутер Р.С., Овчинский Б.В. элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта. - М.: Физматгиз, 1962. - 326 с.

УДК 631.362

Волосевич П.Н.

Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И.Вавилова

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА КАЛИБРОВАНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ РЕШЕТАМИ С ШЕСТИУГОЛЬНЫМИ ОТВЕРСТИЯМИ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований по выявлению рациональных параметров и режимов работы картофелесортировальных машин с новыми рабочими органами.

Экспериментальная картофелесортировальная машина грохотного типа спроектирована по классической схеме сортировальных машин с ярусным расположением решет с шестиугольными отверстиями правильной формы [1].

В верхнем ярусе установлено решето, по которому клубни крупной фракции идут сходом, а средние и мелкие – проходом. Отверстия решета нижнего яруса изготовлены так, что клубни средней фракции идут по нему сходом, а мелкой – проходом. Все три фракции клубней разделяются из калибровщика.

По результатам ранее проведенных теоретических исследований [2] были выполнены предварительные расчеты режимных параметров работы картофелесортировальной машины.

Размеры отверстий верхнего и нижнего решет изготовлены в соответствии с агропотребованиями на калибровку, предусматривающими разделение клубней на три фракции – крупную, среднюю и мелкую.

Расчеты размеров отверстий и режимов работы грохотов выполнялись по минимальному размеру клубней крупной и средней фракции, исходя из тех соображений, что такие клубни глубже других погружаются в отверстия и для надежной работы картофелесортировальной машины именно эти клубни должны непрерывно перемещаться по ходу технологического процесса и не застревать в отверстиях решет.

Таблица 1

Амплитуда колебаний решета А, мм	Возможные перемещения клубней		
	вниз	вверх	с отрывом
	Частота колебаний решета ω , с ⁻¹ (п, мин ⁻¹)		
10	47,7 (455)	53,0 (509)	63,4 (606)
20	33,7 (322)	37,7 (360)	44,8 (428)
30	27,5 (263)	30,8 (294)	36,6 (350)
40	23,8 (227)	26,7 (255)	31,7 (303)

При экспериментальных исследованиях параметры и режимы работы картофелесортировальной машины устанавливались исходя из предварительных расчетных данных, представленных в таблице 1 и составляли:

- амплитуда колебаний грохотов А – 13,0; 16,5; 22,0; 30,0 и 40,0 мм;
- частота колебаний ω – 25,7; 29,7; 32,7; 34,7 и 38,8 с⁻¹;
- длина сепарирующей поверхности L – 1,4; 1,6; 1,8 и 2,0 м.

В ходе проведения экспериментов выяснилось, что при угловой частоте колебаний 29,7 с⁻¹ и значениях амплитуды 13,0 мм процесс калибровки клубней на фракции не происходит вследствие большого количества клубней запавших в отверстия решетной поверхности и препятствующих перемещению сортируемого вороха.

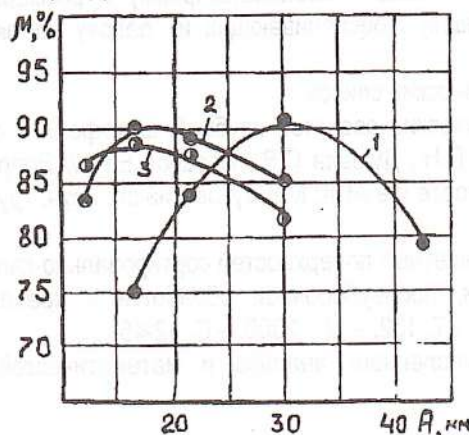


Рис. 1 Влияние амплитуды колебаний решет на точность калибровки:
1- $\omega=29,7$ с⁻¹; 2- $\omega=32,7$ с⁻¹; 3- $\omega=34,7$ с⁻¹

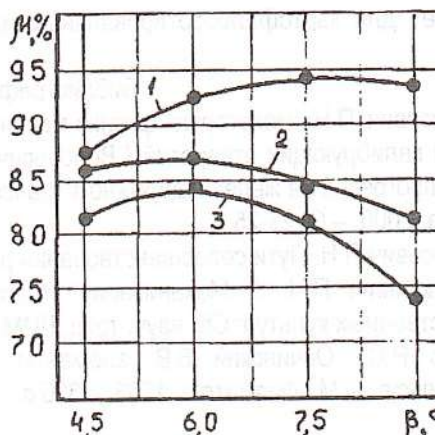


Рис. 2 Влияние угла наклона решет на точность калибровки:
1- $\omega=29,7$ с⁻¹; 2- $\omega=32,7$ с⁻¹; 3- $\omega=34,7$ с⁻¹

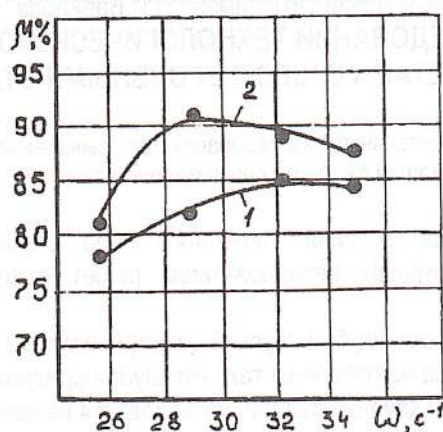


Рис. 3 Влияние частоты колебаний решет на точность калибровки:
1- А=22 мм; 2- А=30 мм

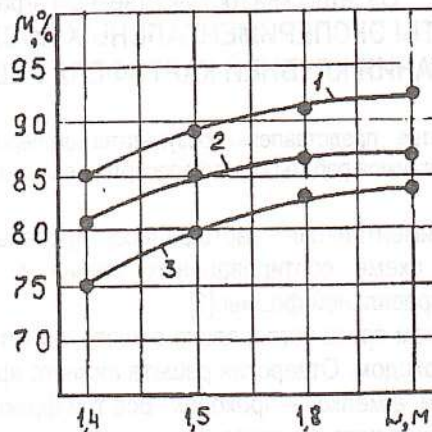


Рис. 4 Влияние длины решета на точность калибровки:
1- $\omega=29,7$ с⁻¹; 2- $\omega=32,7$ с⁻¹; 3- $\omega=34,7$ с⁻¹.

С увеличением амплитуды колебаний до 16,5 и 22,0 мм количество запавших в отверстия клубней значительно снижается и возникает их перемещение по калибрующей поверхности, однако точность сортирования не превышает 84% (рис.1, кривая 1). С увеличением амплитуды колебаний до 42,0 мм точность калибровки снижается до 79%, а травмирование клубней возрастает из-за возникающего

отрыва клубней от поверхности решета и их ударного взаимодействия между собой и с поверхностью решета. При амплитуде колебаний 30,0 мм точность калибрования достигает 91%, но при этом наблюдаются небольшие механические повреждения клубней в виде обдира кожуры.

Дальнейшее увеличение частоты колебаний до 32,7 и 34,7 с⁻¹ (рис. 1, кривые 2 и 3) приводит к смещению максимальной точности калибрования на значение амплитуды 16,5 мм, достигающей 90 и 87% соответственно.

Влияние частоты колебаний на точность сортирования (рис. 3) показывает, что самое высокое качество работы калибровщика, достигающее 91%, наблюдается при $\omega=29,7$ с⁻¹ (кривая 2). При других частотах колебаний точность калибрования имеет меньшие значения.

Предварительный эксперимент показал, что наиболее рациональной является амплитуда колебаний равная 30,0 мм. Поэтому все последующие исследования по определению параметров и режимов работы калибровщика проводились при фиксированной амплитуде колебаний.

Изменение угла наклона калибрующей поверхности к горизонту оказывает значительное влияние на точность калибрования (рис. 2), и достигает максимального значения 94% при угле наклона 7,5°. Дальнейшее увеличение угла наклона решета до 9° снижает точность калибрования до 89% на всех исследованных режимах.

Важным параметром картофелесортировальной машины является длина сепарирующей поверхности, т.к. с ее увеличением возрастает масса грохотов и клубней, находящихся на них, что приводит к возникновению очень больших инерционных сил. Поэтому необходимо было выяснить необходимую и достаточную длину сепарирующей поверхности.

Максимальное значение точности калибрования $\mu=94\%$ наблюдается при длине решета равной 2,0 м и угловой частоте колебаний 29,7 с⁻¹ (рис. 4, кривая 1). Аналогичный характер изменения точности калибрования был получен при частотах колебаний 32,7 с⁻¹ (кривая 2) и 36,7 с⁻¹ (кривая 3), но точность не превысила 87 и 85% соответственно.

Увеличение длины решета более 2 м не дает существенного улучшения качества калибровки, но значительно увеличивает массу грохотов и силы инерции.

Библиографический список

1. Волосевич П.Н. Технологический процесс сортирования клубней картофеля. // Развитие села и социальная политика в условиях рыночной экономики: Материалы международной научно-практической конференции посвященной 70-летию МГАУ: Ч.2. – М., 2000.
2. Волосевич П.Н. Теоретические основы расчета движения клубней картофеля по наклонной плоскости с продольными колебаниями. // Совершенствование рабочих процессов и конструкций сельскохозяйственных машин: Сб. науч. работ Саратовского ГАУ. – Саратов, 2001.

УДК 631.4: 631.256

Шляхов А.А.

Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия

ВЛИЯНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЧВЫ НА ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАХОТНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА

Описано взаимодействие рабочих органов плугов с почвой. Рассмотрены причины изменения тягового сопротивления машинно-тракторного агрегата при вспашке. Приведены практические рекомендации по его снижению.

Тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины проявляется при взаимодействии её рабочих органов со средой. Под средой подразумевается почва.

В общем случае схему почвы можно представить в следующем виде: твёрдые минеральные частицы; поры между частицами, заполненные водой, газами и паром. Свойства этих компонентов и количественные пропорции между ними определяют физическую природу почвы.

При воздействии рабочих органов сельскохозяйственной машины на почву в ней возникают деформации. Величина и характер деформаций обуславливаются действием внешних или внутренних сил, вызывающих смещение частиц почвы относительно друг друга, а также изменением среднего расстояния между частицами. Если после устранения внешнего воздействия частицы почвы вернуться в первоначальное положение, деформация считается упругой. Если же положение частиц после снятия нагрузки отличается от первоначального, имеет место остаточная деформация.

Особое значение в механике грунтов имеет зависимость изменения коэффициента пористости от давления или воздействия внешних сил, так называемая компрессионная зависимость, характеризующая уплотняемость грунта [2].

Для чистых песков модуль нормальной упругости почти не зависит ни от крупности зёрен, ни от влажности, ни от плотности залегания. При изменении диаметра зерен чистого песка с 0,3 до 1,5 мм модуль нормальной упругости изменяется от 45 до 62 МПа. Влияние влажности на модуль упругости песков является несущественным, так как сухие пески, так же как насыщенные водой и далёкие от насыщения, практически имеют почти один и тот же модуль нормальной упругости.

Что касается глинистых грунтов, то для них модуль нормальной упругости в высокой степени зависит от влажности грунта, от его уплотнённости. Для одного и того же глинистого грунта при изменении его коэффициента пористости от 0,32 до 0,93 (а, следовательно, и влажности) величина модуля нормальной упругости изменяется от 170 МПа до 12 МПа.

В основу устройства большинства рабочих органов почвообрабатывающих орудий положен клин. Под воздействием клин вязкий, задернелый пласт отделяется сплошной лентой, которая имеет равную толщину, и дно борозды может считаться ровным. На суглинистых почвах, составляющих большинство используемых в сельском хозяйстве земель, под воздействием клина почва деформируется путём отрыва. При обработке старопахатных почв средней влажности клин сначала уплотняет почву, вдавливая частицы внутрь пласта, а затем скалывает частями. Если почва сухая и твёрдая, то пласт раскалывается на куски неправильной формы и, как результат, дно борозды получается изрытым.

Время скола – это период деформации и разрушения пласта, равный периоду колебаний тягового усилия для машинно-тракторного агрегата с жёсткой навесной системой и жёстким креплением корпуса плуга. Для суглинистых почв средней влажности при скорости трактора от 1,5 до 2 м/с и глубине пахоты 0,27 м время деформации и разрушения около 0,19...0,32 с, что соответствует колебаниям с частотой около 3 Гц.

Применение на плугах виброремехов позволяет значительно уменьшить тяговое сопротивление. Частота колебаний лемеха должна превышать частоту скалывания примерно в три раза.

При вспашке происходит периодическое изменение глубины обработки почвы за счёт упруго-вязкого взаимодействия плуга с почвенным элементом по вертикали. Уменьшение влажности почвы приводит к уменьшению времени скола, к увеличению частоты колебаний. Это объясняется тем, что при выглублении значительно снижается тяговое сопротивление, по времени совпадающее со сколом. В момент скола значительно уменьшается сила, необходимая на деформацию пласта, так как деформация в этот период незначительна.

При вспашке почвы совершается работа против сил сцепления почвенных частиц, сил трения почвенных частиц о металл и, наконец, друг о друга. Сила связи между почвенными частицами определяется главным образом вандерваальсовскими силами, причём они резко падают с уменьшением расстояния между частицами. Во влажной связной почве между почвенными частицами находятся плёнки воды, которые, отделяя частицы друг от друга, ослабляют связности почвы. По мере высыхания толщина плёнок воды уменьшается, и силы связи между частицами возрастают.

Тяговое сопротивление при вспашке определяется в основном силами сцепления почвенных частиц. Они падают по мере увеличения влажности почвы, и даже возрастание сил трения почва – металл с увлажнением почв не служит этому препятствием.

Зависимость между тяговым сопротивлением машинно-тракторного агрегата при вспашке и влажностью почвы имеет параболический характер. Анализ физико-механических свойств светло-каштановых и солонцовых почв, характерных для засушливых зон показал, что при умеренном увеличении влажности происходит резкое снижение прочностных свойств почв. Снижение прочностных свойств почвы положительно сказывается на затратах машинно-тракторного агрегата для обработки почвы, но может значительно увеличить сопротивление перекачиванию самого трактора, а также коэффициент буксования. При чрезмерном увлажнении почвы силы сцепления между почвенными частицами и металлом рабочих органов сельскохозяйственных орудий усиливаются настолько, что начинают превышать силы сцепления между почвенными частицами. В таких условиях рабочие поверхности как бы «выдёргивают» почвенные частицы из общей массы. Начинается залипание рабочих поверхностей. Резко возрастают силы трения, так как трение металл – почва переходит в трение почва – почва. Откидывание пласта затрудняется, вспашка с оборотом пласта переходит в сгребание, и тяговое сопротивление резко возрастает.

Для анализа изменения сопротивления почвообрабатывающей машины от влажности почвы можно воспользоваться комплексным показателем сопротивляемости почвы обработке – коэффициентом удельного сопротивления почвы, который определяется экспериментальным путём. При работе на светло-каштановых почвах зона минимального сопротивления рабочих органов плуга составляет 16...19 %. Эту особенность рекомендуется использовать для назначения сроков вспашки [1].

Оптимальная влажность почвы оказывает влияние на снижение динамической нагруженности трактора в составе машинно-тракторного агрегата. Это связано с уменьшением амплитуд изменения крюкового усилия в связи со снижением твердости неоднородностей в почве и уменьшением размаха изменения горизонтальной составляющей сопротивления рабочей машины, а также увеличением частоты этого изменения.

В реальных условиях влажность почвы при вспашке бывает самой разнообразной, и в зависимости от неё энергетические затраты на вспашку резко изменяются. С увеличением скорости вспашки улучшается качество работы плугов. При высокой скорости обработки почв, возможно, начинать вспашку при большей влажности, что имеет значение при весенней обработке не только в южных, засушливых районах, но и в северных.

Библиографический список

1. Гапич Д.С. Нагруженность крюковой нагрузкой колёсного трактора в составе МТА на полях различной влажности / Д.С. Гапич, Н.Г. Кузнецов. // Актуальные проблемы развития АПК: материалы международной науч.-практ. Конференции: Раздел Инженерные науки / ВГСХА. – Волгоград, 2005. – С. 50-52.
2. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – М.: Изд-во лит. по стр-ву и арх., 1973. – 528 с.

УДК 633.811

Царев В.М.

СГАУ им. Н.И. Вавилова

ПЕРЕДВИЖНЫЕ КОМПЛЕКСЫ – НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ В ПЕРЕРАБОТКЕ ЭФИРОМАСЛИЧНЫХ РАСТЕНИЙ

В статье описано положение дел в эфиромасличной промышленности за время ее зарождения до настоящего времени. Описана высокая заинтересованность в повышении производства эфирных масел в СССР. Оценено истинное положение в производстве эфирных масел в настоящее время в России. Предложено направление, позволяющее повысить производство эфирных масел.

Промышленного производства эфирного масла в дореволюционной России практически не существовало, не считая кориандра, аниса, мяты и фенхеля, не культивировались даже растения, содержащие эфирные масла, а те, которые выращивались, почти все служили сырьем, вывозившимся для переработки за границу.

Только в 1917 году были сделаны первые робкие попытки работы с этими культурами, оборвавшиеся в самом начале и возобновленные лишь в 1924 году. За 8 лет ряд существующих до тех пор культур: шалфей, лаванда, герань, роза казанлыкская, змееголовник, ажгон, вербена, жасмин, приобрели промышленный характер.

Но истинно научный уровень эти работы приобрели после создания в 1932 году Всесоюзного научно-исследовательского института эфиромасличной промышленности (ВИЭМП), переименованного в последствие во ВНИИ эфиромасличных культур (ВНИИЭМК) с сетью зональных опытных станций: Крымской, Алексеевской (Белгородская область), Вознесенской (Краснодарский край), Пахтабской (Таджикская ССР), Украинской, Сухумской. Была разработана первичная агротехника, технология переработки, методы биохимического анализа эфирных масел, а на площади 150 тысяч гектаров колхозов начали возделываться эфиромасличные растения.

Для переработки этих растений создавалась эфиромасличная промышленность, производившая сырье для парфюмерно-косметической и пищевой промышленности. Выработка эфирных масел в 1932 году составила 93 тонны, в 1937 году - 471 тонну, а в 1940 году – 646 тонн.

Постоянно растущий спрос на эфирные масла вызывал необходимость увеличения площадей под эфиромасличные культуры, которое достигло к 1965 году 240 тысяч гектаров. В 1965 году было выработано 1405 тонн эфирных масел и на ближайшие годы планировалось удвоение этого количества. К 1993 году 200 совхозов и колхозов занимались выращиванием эфиромасличных растений, в переработке которых были заняты более 40 заводов.

С учетом современного взгляда на экологию окружающей среды и ее влияние на человека, предпочтительно получать сырье из дикорастущих растений, которые, например, для фармацевтики представляют 63% видового планового ассортимента и более половины сырья в массе, что составляет почти 50% потребности заготовок сырья лекарственных растений в России.

Для получения экологически чистого эфиромасличного сырья необходимо заготавливать его в экологически чистых районах, т.е. местах, значительно удаленных от промышленных центров (не загрязненных газами, пылью, производственными и бытовыми отходами).

Представляется весьма спорным утверждение, что из культурно выращиваемых растений, получается экологически чистое сырье для производства эфирных масел, так как эффективная агротехника подразумевает использование удобрений и других стимуляторов роста, а для подавления сорняков применяются гербициды.

Эфиромасличное производство, оснащенное современным оборудованием, в состоянии перерабатывать более 70 тонн растительного сырья в сутки, постоянно испытывает недостаток в сырье, а оборудование используется всего 2-3 месяца в году.

Результатом политических преобразований последних 10 лет явилось резкое сокращение производства эфиромасличного сырья. Из всего многообразия эфиромасличных растений в России осталось: в Центрально-Черноземных районах – кориандр, в Белгородской области – анис, в Краснодарском крае – роза, лаванда, шалфей мускатный.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что производство эфирных масел в России не удовлетворяет спрос, возникающий в пищевой, косметической и фармакологической промышленности.

Одним из вариантов улучшения обстановки в эфиромасличном производстве могут служить передвижные комплексы для производства эфирных масел на местах сбора или культурного выращивания. Применение таких комплексов позволяет:

- получить дополнительное количество эфирных масел за счет внедрения нового метода выделения;
- расширить ассортимент эфирных масел путем переработки растений, не представляющих экономического интереса при культурном производстве;
- выделять экологически чистые эфирные масла из сырья, собранного в экологически чистых районах;
- использовать их в течение всего периода вегетации, следуя за физиологическими фазами развития растений с юга до севера;
- повысить эффективность выделения эфирных масел за счет своевременного сбора и переработки, а также за счет выделения времени на ферментацию;
- перерабатывать комплексно эфиромасличное сырье, используя последовательно методы перегонки и экстракции.

УДК 631.86

Ерзамаев М.П.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ВНЕСЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

Рассмотрены технологии внесения органических удобрений по виду применяемых удобрений и по глубине их заделки. Предложена конструкция плуга для улучшения качества заделки органических удобрений.

Высокий и стабильный урожай при минимальных материальных вложениях является целью любого производителя в сельском хозяйстве. Этого нельзя добиться при низком уровне плодородия почв.

В Самарской области по исследуемым почвам содержание гумуса за последние 20-30 лет неуклонно снижалось и соответствует ежегодной потере его в пахотном слое в пределах 0,7 т/га. Поэтому одной из важнейших задач программы повышения плодородия является обеспечение прироста гумуса в почве. Этого можно добиться лишь внесением органических удобрений.

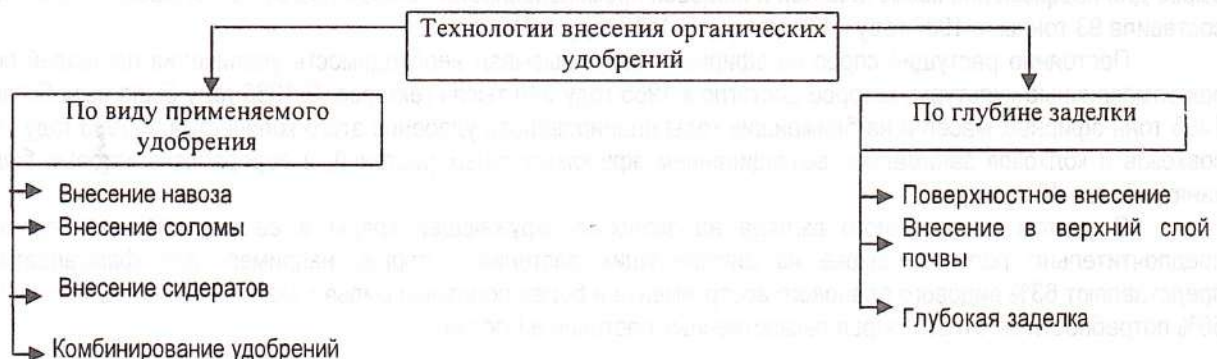


Рис. 1. Классификация технологий внесения органических удобрений

Существующие технологии заделки органических удобрений можно подразделить, в зависимости от применяемого удобрения, на заделку навоза, соломы, зеленого удобрения (сидератов) и комбинированные, а также в зависимости от глубины заделки: поверхностное, внесение в верхний слой почвы и глубокая заделка.

Кроме основных перечисленных технологий, в разнообразных почвенно-климатических условиях России возможно применение и других, как традиционных, так и появляющихся новых альтернативных технологий.

Внесение навоза. Навоз может использоваться как в твердом, так и в жидком состоянии. Навоз может разбрасываться по поверхности и затем заделываться в почву либо непосредственно вноситься в слой почвы (навозная жижа).

Основные машины по внесению твердых органических удобрений следующие: разбрасыватели органических удобрений РОУ-5 и РОУ-6 (грузовместимостью соответственно 5 и 6 т), агрегируемые с трактором МТЗ-80; полуприцеп-разбрасыватель органических удобрений ПРТ-10 (грузовместимостью 10 т), агрегируемый с трактором Т-150К; прицеп-разбрасыватель органических удобрений ПРТ-16 (грузовместимостью 16 т); валкователь-разбрасыватель органических удобрений РУН-15Б, агрегируемый с тракторами ДТ-75, Т-74, Т-150.

Для внесения жидких органических удобрений по этим схемам используют тракторную прицепную цистерну-жижеразбрасыватель РЖТ-4 (грузовместимостью 4 т), агрегируемый с трактором «Беларусь», РЖТ-8 (вместимостью 8 т), МЖТ-23, агрегируемый с трактором Т-150К, и РЖТ-16 (вместимостью 16 т) — с трактором К-701, а также автожизжеразбрасыватель-цистерну РЖУ-3,6, монтируемую на шасси автомобиля ГАЗ-53А.

Навоз повышает свойства почвы по всем показателям. Однако из-за больших норм внесения возникает зависимость от месторасположения животноводческих ферм, к тому же поголовье КРС в хозяйствах неуклонно сокращается, что приводит к сокращению использования этих удобрений [4].

Внесение соломы. По образованию гумуса солома в 1,5 раза превосходит подстилочный навоз. Технология предусматривает измельчение соломы, поверхностное её разбрасывание с тем расчетом, чтобы она как можно дольше подвергалась воздействию микроорганизмов, дальше солома либо заделывается, либо, если необходимо сохранить мульчирующий слой, оставляется на поверхности. Для измельчения и разбрасывания соломы используются комбайны с роторным молотильным аппаратом (Кейс), либо комбайны с барабанным молотильным аппаратом (Дон-1500Б) снабженные измельчителями соломы. Недостатком является активное потребление азотных удобрений в процессе гумосообразования, в связи, с чем необходимо вносить на 1 га 8-10 кг азотных удобрений с целью создания необходимого соотношения углерода и азота [1].

Внесение зернотравяных удобрений (сидератов). Зеленые удобрения оказывают такое же многостороннее положительное действие на свойства почвы, урожай и качество сельскохозяйственных культур, как и хорошо приготовленный подстилочный навоз. Технология заключается в использовании в севооборотах многолетних трав, а также в возделывании бобовых культур. К сожалению, бобовые культуры дают лишь незначительный прирост азотных удобрений. А использование многолетних трав отнимает значительный период времени [4].

Комбинирование удобрений. Применение комбинированных технологий позволяет взаимоисключить недостатки отдельных технологий. Так, например заделка соломы с навозом позволяет снизить норму внесения навоза и дать соломе необходимый азот для процесса гуманизации, а заделка зеленых удобрений с навозом ускоряет темпы разложения.

Поверхностное внесение. Поверхностное внесение используется при возделывании трав, так как удобрение лучше сохраняет влагу в поверхностном слое почвы, не требуется разрушать мульчирующий слой, а энергетические затраты при данном способе внесения минимальны. При возделывании зерновых наблюдается отрицательное воздействие поверхностного внесения, так как питательные вещества под действием солнца и аэрации быстро утрачиваются, а те, что попадают в почву, используются в первую очередь сорными растениями, так как они находятся ближе к поверхности.

Внесение в верхний слой почвы. Глубина заделки от 0 до 20 см. Заделку удобрений в верхний слой почвы могут выполнять различные дисковые орудия (ЛДГ-10, БДСТ-2,5). Верхний слой почвы богат микроорганизмами, которые благоприятно воздействуют на разложение и усвоение удобрения. Однако климат Среднего Поволжья характеризуется резко выраженной континентальностью. Холодная и малоснежная зима сменяется короткой весной, а затем наступает сухое, жаркое лето. В период засухи корни растений устремляются в глубь почвы, а удобрения верхнего слоя практически не используются.

Глубокая заделка. Глубина заделки от 20 до 40 см. Глубокая заделка органических удобрений по сравнению с поверхностной дает прирост гумуса в 1,6-2,0 раза больше [3]. Технология включает в себя создание и сохранение в течение всей ротации севооборота обогащенной органическим веществом прослойки в нижней части пахотного слоя, улучшающей питание растений и обеспечивающей ускоренное воспроизводство гумуса почвы. Такую обработку осуществляют запашкой внесенного навоза и пласта многолетних трав двухъярусными плугами (ПД-4-35, ПНЯ-4-40, ПЯС-1,4), возможно предварительное перемешивание органического вещества с верхним (0-8 см) слоем почвы дисковыми орудиями [2]. Недостатком такого способа внесения, является большая энергоемкость операции, связанная с перемещением слоев почвы. Еще один недостаток связан с плужной подошвой, которая образуется в результате обработки почвы двухъярусными плугами снабженные лемешными корпусами. Применение обычных плугов снижает энергоемкость операции, но сохраняет плужную подошву, не обеспечивает необходимой глубины и качества заделки удобрений. Применение плуга ПРУН-8-45 с корпусами типа «дельфин» позволяет снизить энергоемкость операции и избавиться от плужной подошвы, но из-за отсутствия второго яруса снижается качество заделки удобрений, так как оно вносится не в слой от 20 до 40 см, а по всей глубине обработки от 0 до 40 см (рис. 2).

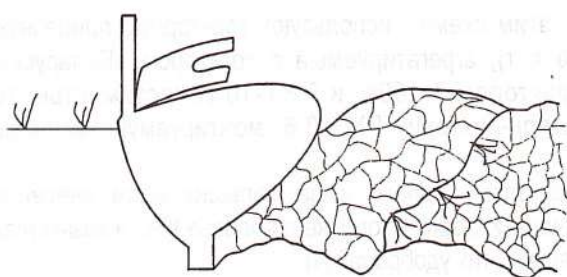


Рис. 2. Схема заделки органических удобрений корпусом «дельфин»

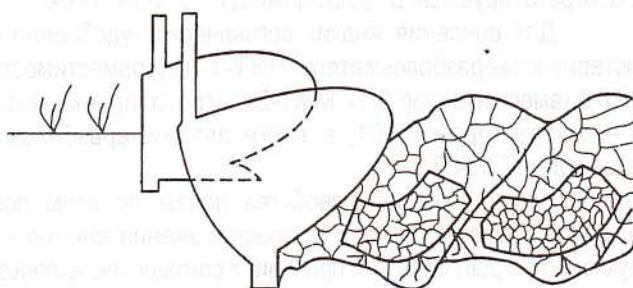


Рис. 3. Схема заделки органических удобрений корпусом «дельфин» в сочетании с верхним ярусом

Из проведенного анализа можно сделать вывод.

1. Наибольшего эффекта от внесения органических удобрений можно добиться комбинированием их при внесении.

2. В качестве способа заделки органических удобрений отмечаем, что лучшим способом является глубокая заделка удобрений. Необходимым орудием может служить плуг ПРУН-8-45, но для доработки недостатков данного орудия нами предполагается изучить возможность комплектования плуга вторым ярусом корпусов (рис. 3).

Для этих целей необходимо провести ряд исследований по определению параметров для установки второго яруса корпусов.

Библиографический список

1. Милюткин В.А., Милюткин А.В. и др. Нужны неотложные меры по воспроизводству плодородия почв // Земледелие. - 1998. - №6. - С. 16.
2. Сдобников С.С. Пахать или не пахать? - М.: РАСХН, 1994. - С. 233.
3. Чичкин А.П. Система удобрений и воспроизводство плодородия обыкновенных черноземов Заволжья. - М.: Российская академия с/х наук, 2001. - С. 29.
4. Ягодин Б.А., Жуков Ю.П., Кобзаренко В.И. Агрохимия. - М.: Колос, 2002. - С. 482.

УДК 631.31

Кузнецова Г.С. ассистент, Кузнецов С.А.

ОПТИМАЛЬНОЕ КОМПЛЕКТОВАНИЕ АГРЕГАТОВ

Рассмотрены вопросы определения оптимальной ширины захвата комбинированного агрегата, обеспечивающее наиболее полное использование тяговых свойств тракторов класса 30 и 50 кН.

Одним из направлений влагоресурсосбережения является плоскорезная обработка почвы с совмещением выполнения нескольких операций за один проход агрегата. В трудах учёных Самарской ГСХА, Самарского НИИЗХ отмечается, что для эффективной борьбы с сорняками, при плоскорезной обработке, необхо-

димо создание благоприятных условий для их прорастания в осенний период. Это достигается мульчированием верхнего слоя почвы с последующим прикатыванием.

В связи с этими требованиями комбинированный агрегат должен выполнять следующие технологические операции:

- глубокое рыхление плоскорезными лапами;
- поверхностное рыхление игольчатыми боронами;
- выравнивание и уплотнение верхнего слоя почвы,

Применение такого сочетания технологических операций позволяет создать благоприятные условия для прорастания сорняков, находящихся в верхнем слое почвы с сохранением стерни. Последующая обработка гербицидами обеспечивает резкое снижение количества сорняков на последующие годы.

Большинство комбинированных машин, выпускаемых промышленностью, рассчитаны на тракторы определенного тягового класса и выполнены в навесном варианте. Это приводит к тому, что для каждого класса тяги тракторов необходимо иметь свой шлейф машин, что в свою очередь требует больших материальных затрат.

Нами предлагается при плоскорезной обработке почвы использовать прицепной комбинированный агрегат почвообрабатывающий агрегат (рис. 1), включающий раму 1, на которой установлены плоскорезные лапы 2. Сзади плоскорезных лап установлены батареи игольчатых дисков 4. За игольчатыми батареями установлен прикатывающий каток 5 с механизмом подпружинивания. Рама опирается на колеса 3 и каток 5. Перевод в рабочее или транспортное положение осуществляется путём поворота оси опорных колёс и оси катка через тяги гидроцилиндром 6.

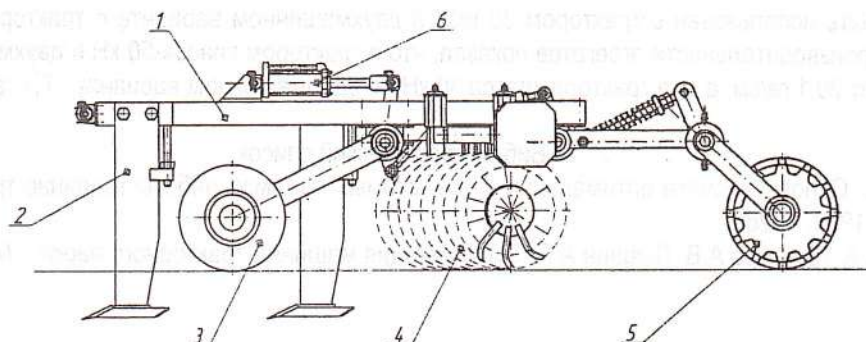


Рис. 1. Комбинированный плоскорезный агрегат

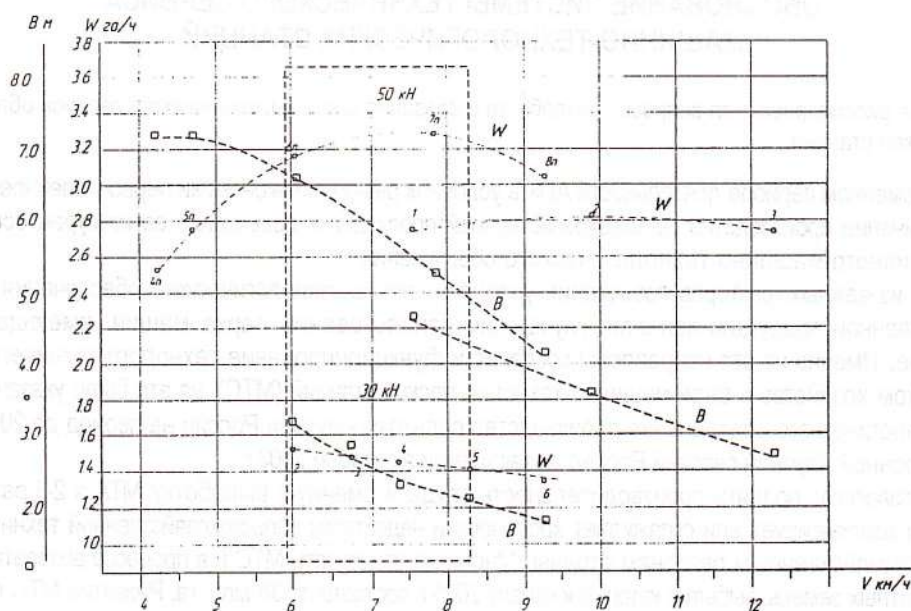


Рис. 2. Зависимости ширины захвата – В от тяговых усилий и производительности – W от ширины захвата и скорости движения

Применение прицепного агрегата позволяет комплектовать многомашинные агрегаты и наиболее полно использовать тяговые возможности тракторов различных классов тяги.

В большинстве хозяйств области имеются тракторы класса тяги 50 кН - К-701, К-700А, К-744 и тракторы класса тяги 30 кН – ДТ-75М, ДТ-75МН, ДТ-75РСД и др. Поэтому целесообразно иметь агрегат, который можно было агрегатировать с тракторами этих классов. При разработке таких агрегатов основной задачей является определение ширины захвата агрегата.

Такую задачу можно решить методом графической оптимизации. В качестве критерия оптимизации используется производительность агрегатов, поскольку удельный расход топлива и затраты труда обратно пропорциональны производительности.

Расчёты параметров разрабатываемого комбинированного агрегата, при работе с трактором тягового класса 30 и 50 кН проведены для условий модельного хозяйства по компьютерной программе, разработанной на кафедре ЭМТП.

На первом этапе были определены тягово-мощностные показатели тракторов при работе на различных передачах по стерне нормальной влажности и определены зависимости от них возможной ширины захвата агрегата - $B_{\max}$, с учётом изменения удельного сопротивления от скорости движения.

На втором этапе была определена производительность - W , при движении на различных передачах и соответствующей ширины захвата.

По результатам расчетов были построены графики зависимости ширины захвата – B от тягового усилия трактора и производительности - W в функции скорости и ширины захвата (рис.2).

В соответствии с методом графической оптимизации был проведен анализ графика. Это позволило выделить область оптимальных решений (обозначенная пунктирным прямоугольником). В соответствии с этой областью оптимальной шириной захвата будет $B_{\max}=2.6$ м. При этом в одномашинном варианте данный агрегат может быть использован с трактором 30 кН, в двухмашинном варианте с трактором 50 кН. Расчёт максимальной производительности агрегатов показал, что с трактором класса 50 кН в двухмашинном варианте она составляет 20,1 га/см, а для трактора класса 30 кН - в одномашинном варианте - 7,1 га/см.

Библиографический список.

1. Агеев Л.Е. Основы расчёта оптимальных и допустимых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. – Л.: Колос, 1978. - 126с.
2. Зангиев А.А. Шпилько А.В. Левшин А.Г. Эксплуатация машинно-тракторного парка. - М.: КолосС, 2005. - 320 с.

УДК 621.797:631.145.

Гниломёдов В.Г., Янзин В.М., Кузнецов С.А., Гужин И.Н. ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА МАШИННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

В статье рассматриваются вопросы разработки и создания системы технического сервиса областной машинно-технологической станции.

В современном периоде деятельности АПК в условиях рыночной экономики первостепенное значение приобретают увеличение производства сельскохозяйственной продукции и повышение ее конкурентоспособности на основе эффективного машинно-технологического обеспечения.

Одним из важных факторов повышения уровня машинно-технологического обеспечения производства сельскохозяйственной продукции является улучшение использования парка машин, имеющегося в сельском хозяйстве. Именно на это направлены создание и функционирование технолого-технических формирований в сельском хозяйстве в виде машинно-технологических станций (МТС), на это было указано в Стратегии машинно-технологического обеспечения производства сельхозпродукции России на период до 2010 г., рассмотренной и одобренной научной сессией Россельхозакадемии в октябре 2003 г.

МТС позволяют поднять производительность труда и сменную выработку МТА в 2-3 раза, что в значительной степени компенсирует или сглаживает хронический недостаток сельскохозяйственной техники практически по всем сельскохозяйственным регионам страны. Много могут сделать МТС и в процессе возврата в хозяйственный оборот пахотных земель, выбытие которых к началу 2005 г. составляло 38 млн. га. Развитие МТС представлено в таблице 1.

Как видно из таблицы 1, численность МТС из года в год увеличивается, также увеличивается и обрабатываемая посевная площадь. Увеличивается количество техники, находящейся в распоряжении станций. Это в полной мере относится и к Самарской области.

Областная машинно-технологическая станция существует с 2002 года. За эти годы МТП неуклонно возрастает. А также увеличивается и обрабатываемые площади. В настоящее время они составляют более

110 тыс. га. Необходимо отметить, что областная МТС имеет значительный разброс техники в своих филиалах по области. Это усложняет выполнение качественного технического обслуживания, диагностирования, ремонта и материально-технического снабжения техники МТС.

Таблица 1

Показатели деятельности МТС в 2002-2010 гг.

Показатели	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2010 г. (прогноз)
Число МТС	666	720	750	1200
Численность работающих	23996	30100	32250	48000
В том числе на одной МТС	36	43		40
Организационно-правовой статус, %:				
ГУП, МУП	25	33	40	50
ОАО, ЗАО, ООО	58	48	37	18
в составе агрофирм	10	15	20	30
СХПК	7	4	3	2
Число техники, тыс. шт.				
тракторов в МТС (от России, %)	5478 (0,8)	6737 (0,9)	7500(1)	15000(2,5)
зерноуборочных комбайнов (от России, %)	4000 (2,2)	4833 (2,9)	5500 (3,5)	11000(7,5)
Обрабатываемая посевная площадь, тыс. га:				
по пахоте (от России, %)	5600 (7,2)	7000 (8,8)	8000(10,7)	16500(21,5)
уборочная площадь (от России, %)	2450 (65)	3045(8,1)	3600(10,5)	7700 (22)
Годовая выработка на один физический трактор, усл. эт. га:				
в МТС	1020	1040	1080	1300
в хозяйствах РФ	660	650	640	600
Годовая выработка на один зерноуборочный комбайн, га:				
в МТС	612	630	655	700
в хозяйствах РФ	260	226	200	180
Общий объем выполненных работ, млрд. руб.	4,6	7	8.5	22,5
Прибыль, млрд. руб.	-0,3	-0,13	+0,5	2
Окупаемость затрат на покупку техники, годы	5...6	5...6	5...6	3...4
Доля МТС в производстве сельхозпродукции (расчетная), %	5,6	7,5	9.2	20,5

Поэтому на наш взгляд, вопросы организации гарантированного технического сервиса машин этих станций являются весьма актуальными.

В заводской гарантийный период эксплуатации техники вопросы ремонта, технического обслуживания с использованием качественных топливно-смазочных материалов решаются совместно с представителями заводов-изготовителей или их дилерами. Однако это относится не ко всем заводам изготовителям с. х. техники.

Например, Кировский тракторный завод, Минский тракторный завод. После гарантийного периода эксплуатации машин их потребители все вопросы технического сервиса вынуждены решать сами.

Недостаточное количество высококвалифицированных кадров, необходимого диагностического и технологического оборудования в распоряжении МТС, использование низкокачественных топливно-смазочных материалов и отсутствие средств контроля их качества неизбежно ведет к быстрому износу машин и как следствие, к большому количеству отказов дорогостоящей техники.

По нашему мнению необходимо разработать и внедрить в рамках МТС высококвалифицированную инженерно-техническую службу, обеспечивающую качественный гарантированный технический сервис машин.

Эта служба должна быть мобильной, оснащённой современным технологическим и диагностическим оборудованием.

Рассматривая ИТС станций как подсистему эффективного использования техники, можно выделить основные ее задачи:

- определение технической политики предприятия по выбору средств технического сервиса. Данная политика формируется на основе существующего хозяйственного механизма, прогрессивных стратегий технического обслуживания и ремонта (ТОР);
- разработка и доведение до исполнителей целей, нормативно-технологической и технической документации;
- планирование, организация, управление ТОР и хранением машин;
- создание и совершенствование производственно-технической базы;
- организация материально-технического обеспечения и хранения запчастей, топливно-смазочных материалов и технологического оборудования;
- выбор оптимальных ресурсосберегающих технологий выполнения с. х. процессов, высококачественная подготовка МТА к работе, увеличение продолжительности использования машин;
- комплектация ИТС грамотным персоналом, повышение его квалификации, улучшение условий труда;
- реализация передового опыта эксплуатации и участие в инновационных проектах научных организаций.

При этом предлагается созданию в структуре действующих ИТС МТС отдела инженерного мониторинга со штатом 1-2 человека.

Основные задачи отдела инженерного мониторинга (ИМ) следующие: организация производственного учета и контроля технологических процессов с применением новых информационных технологий; выработка рекомендаций по внутрихозяйственному управлению; управление надежностью техники и оборудования; анализ новых технологий и машин и участие в принятии решений по модернизации производства.

Внедрение предлагаемой системы технического сервиса позволит снизить на 25-30% затраты на ремонт имеющейся на МТС техники. Это подтверждают многолетние исследования ГОСНИТИ и других научно-исследовательских институтов.

Библиографический список

1. Чернованов В.И., Северный А.Э. Концептуальные положения развития технического сервиса на период до 2010 года // Вестник Московского ГАУ им. В.П. Горячкина. - 2005. - №1. - С. 6...8.
2. Варнаков В.В., Стрельцов В.В., Попов В.Н., Карпенков В.Ф. Технический сервис машин сельскохозяйственного назначения. - М.: Колос, 2001. - 256 с.

УДК 631.343

Васильев С.И., Чернов В.П.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПОЧВЫ ОТ УГЛА ПРИ ВЕРШИНЕ НАКОНЕЧНИКА ТВЕРДОМЕРА

Представлены зависимости удельного сопротивления почвы от геометрических параметров наиболее часто применяемых деформаторов, при горизонтальном их движении, с целью обоснования оптимальной конструкции твердомера.

Твердость почвы является одним из наиболее важных показателей при оценке физико-механического состояния почвы. Значение твердости определяют перерасчетом удельного сопротивления почвы по известной методике через эмпирические коэффициенты, получаемые при тарировке твердомера. Важно и то, что величина удельного сопротивления почвы, в отличие от твердости, не является характеристикой только физического состояния почвы, так как зависит еще и от геометрической формы, размеров и скорости перемещения деформатора [1].

Определение твердости почвы, как правило, производится ручными или механическими твердомерами, основанными на принципе вертикального механического вдавливания в почву деформаторов какой либо формы. При сплошном определении твердости почвы этот метод оказывается очень трудоемким. Целью наших исследований являлось обоснование параметров конструкции технического средства (твердомера), позволяющего производить непрерывное измерение твердости почвы при движении агрегата.

С целью определения оптимального значения угла при вершине наконечника (угла конуса) нами был проведен эксперимент.

Испытания проводились в почвенном канале. Лабораторная установка, состоящая из корпуса-стойки 1, тензометрических датчиков 2, тензометрических балок 3, плунжера 4 и сменного наконечника 5, представлена на рис. 1. Данная установка закреплялась на приводной тележке имеющей возможность изменения скорости движения. Глубина горизонтального движения наконечника оставалась строго

фиксированной и равнялась 15 см от поверхности почвы.

В опыте исследовались наконечники со следующими значениями углов при вершине: 20; 25; 30; 35; 40; 60; 80; 100; 120; 140; 160; 180°. В интервале от 20 до 40° шаг увеличения угла составлял 5°, далее – 20°. Это объясняется результатами теоретических исследований, в которых установлено, что при угле более угла внутреннего трения почвы перед движущимся наконечником образуется уплотненное ядро почвы, достраивающее геометрию наконечника, вследствие этого дальнейшее увеличение угла, как правило, не приводит к значительным изменениям удельного сопротивления почвы [2, 3].

В процессе горизонтального движения лабораторной установки с деформатором, обеспечиваемого приводной тележкой, усилие, действующее на деформатор, со стороны почвы, определялось с помощью тензометрических датчиков, и регистрировалось на диаграммной ленте с помощью самопишущего устройства.

Испытания проводились в трехкратной повторности. Испытуемые наконечники разделялись на 4 группы, в зависимости от диаметра основания [4].

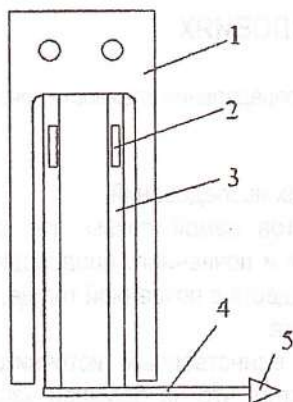


Рис. 1. Схема лабораторной установки: 1 – корпус-стойка; 2 – тензометрические датчики; 3 – тензометрическая балка; 4 – плунжер; 5 – наконечник

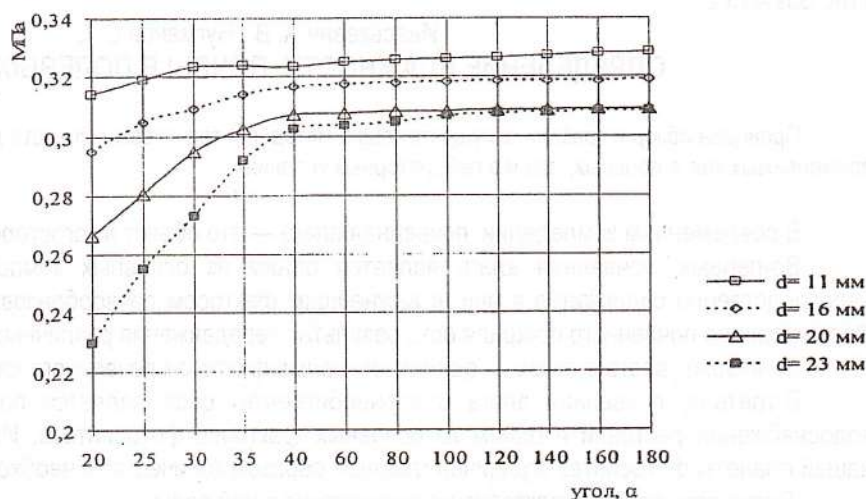


Рис. 2. Зависимость удельного сопротивления почвы от угла при вершине наконечника, при различных значениях диаметра d , $V=1,54$ м/с

Скорость движения установки равна 1,54 м/с, что составляет максимальную величину скорости приводной тележки.

Полученные в результате опыта зависимости удельного сопротивления почвы от угла конуса, показаны на рисунке 2.

В результате опыта мы получили, что наибольшее увеличение удельного сопротивления почвы, при всех значениях диаметра наконечника, происходит при возрастании угла от 20 до 35°, от 35 до 40° прирост удельного сопротивления замедляется и при угле более 40° практически полностью прекращается.

При этом характерно, что наибольшее возрастание удельного сопротивления, при увеличении угла конуса, имеет наконечник с диаметром основания 23 мм (площадью основания 4 см²), а наименьшее – наконечник с диаметром основания 11 мм (1 см²). Это объясняется тем, что при малой площади основания наконечника уплотненное ядро, образующееся перед наконечником (при угле конуса более 35°), не стабильно вследствие своей соразмерности с почвенными агрегатами и легко разрушается при столкновении с последними рисунке 2.

По этой причине наконечники малого диаметра (менее 16 мм) не рекомендуется применять при измерениях в почве. Подобная картина наблюдается и при использовании наконечника с диаметром основания 16 мм (площадь 2 см²) [2].

Наибольшую чувствительность к изменению угла имеют наконечники с диаметрами оснований 20 и 23 мм (соответственно 3 и 4 см²), однако размеры второго наконечника достаточно велики, а это требует больших затрат на его перемещение в почве, а также больший расход металла и увеличение габаритных размеров твердомера.

Коэффициент вариации во всех опытах не превышает 5 %, причем, с увеличением угла конуса свыше 40° – снижается до 1,6 %, что подтверждает стабильность работы наконечников с большим углом при вершине конуса.

Используя полученные зависимости можно сделать вывод, что необходимо использовать наконечники с углом при вершине конуса в интервале от 40° до 180° , при этом если учитывать стабильность показаний прибора и простату изготовления, то можно рекомендовать использовать наконечники с углом конуса стремящимся к 180° .

Библиографический список

1. Агрофизические методы исследования почв. / под ред. Долгова И.С. – М.: Наука, 1996. – 259с.
2. Бахтин П.У. Исследование физико-механических и технологических свойств почв СССР. – М.: Колос, 1969. – 271с.
3. Воронин А.Д. Основы физики почв. – М.: МГУ, 1986. – 244с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

УДК. 631.423.2

Иваськевич А. В., Нугманов С. С.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Проведен обзор и сравнение существующих методов и технических средств для определения влажности почвы, применяемых как в полевых, так и в лабораторных условиях.

В современной земледелии почвенная влага — это объект многосторонних исследований.

Во-первых, почвенная влага является одним из основных компонентов самой почвы, так как непосредственно содержится в ней, и важнейшим фактором почвообразования и почвенного плодородия. Формирование почвенного профиля есть результат передвижения различных веществ в почвенной толще.

Во-вторых, влага в почве — один из основных факторов почвенного климата.

В-третьих, почвенная влага в корнеобитаемом слое является почти единственным источником водоснабжения растений и одним из основных факторов фотосинтеза. Известно, что на большей части нашей планеты фотосинтез ограничен главным образом количеством необходимой воды.

Влажность почвы характеризует содержание в ней воды.

Выделяют следующие основные формы почвенной влаги [3]:

- 1) кристаллизационная вода — входит в структуру минералов;
- 2) твердая вода — лед;
- 3) парообразная вода — движется в порах почвы в составе почвенного воздуха;
- 4) прочносвязанная вода — на поверхности почвенных частиц удерживается адсорбционными силами; неподвижна, недоступна для растений;
- 5) рыхлосвязанная вода — образует вокруг почвенных частиц пленку толщиной в несколько десятков диаметров молекул воды; на поверхности частиц почвы удерживается сорбционными силами, медленно движется, постепенно переходит в почвенных порах в свободную воду;
- 6) свободная вода — встречается в трех видах: подвешенная, подпертая гравитационная и свободная гравитационная; доступна растениям и образует основные запасы влаги, используемой растениями.

В настоящее время для определения влажности почвы разработан ряд методов и приборов, основанных на различных способах измерения [1, 3].

Весовым методом, который заключается в послойном (0...10 см) извлечении буром пробы почвы и определении в ней содержания воды путем взвешивания пробы почвы до и после высушивания. Для высушивания образцов почвы применяют сушку инфракрасными лучами или термическую сушку.

Термическая сушка — наиболее распространенный метод определения влажности почвы. В нем потеря веса почвы при длительном просушивании (3...8 ч) в сушильном шкафу при температуре $105...150^\circ\text{C}$ принимается за количество воды во взятой навеске.

При сушке инфракрасными лучами полное высушивание образца почвы продолжается от 5 до 15 мин. При сушке образец почвы помещается под лампу инфракрасного излучения мощностью в 500 Вт, при этом образец нагревается до температуры от 130 до 180°C .

Недостатком весового метода является определение влажности почвы по слоям (0...10 см) без учета границ между генетическими горизонтами, что особенно важно для почв со значительно различающимися почвенными горизонтами (подзолистые и солонцеватые). Это приводит к недостаточно детальному измерению влажности почвы по ее генетическому профилю.

Суть пикнометрического метода заключается в следующем: взвешивают пустой сухой пикнометр, после чего пикнометр полностью заполняют водой и снова взвешивают, а затем, отлив часть воды, помещают в него навеску влажной почвы, тщательным разминанием почвы стеклянной палочкой удаляют из

нее заземленный воздух и оставляют стоять пикнометр в течение часа. Затем дополняют пикнометр доверху водой (без единого пузырька под пробкой) и взвешивают пикнометр с водой и почвой. Предварительно определяют удельный вес твердой фазы испытуемой почвы. По полученным данным сначала подсчитывают вес абсолютно сухой почвы, а затем подсчитывают влажность почвы.

Пикнометрический метод исключает необходимость сушки почвы, что облегчает работу в полевой обстановке и в тоже время дает результаты, приемлемые по точности.

В карбидном гравиметрическом (весовом) методе карбид кальция реагирует с почвой, реакция сопровождается выделением ацетилена и большого количества тепла. Частично образующиеся при этом пары воды увлекаются ацетиленом. Конец реакции устанавливается по постоянству веса прибора. По потере в весе, пользуясь переводным коэффициентом, определяют количество воды в навеске и вычисляют влажность.

По сравнению с влажностью, определенной при сушке почвы в термостате, влажность почвы, найденная карбидным методом, бывает обычно занижена в пределах 1...2 %.

Также следует отметить, что ацетилен – газ ядовитый и что он дает в смеси с воздухом взрывоопасные смеси, поэтому анализ нужно проводить в вытяжном шкафу.

При определении влажности почвы спиртовым методом, навеска почвы обрабатывается спиртом, крепость которого должна быть не менее 80%. Концентрация спирта измеряется специальным ареометром до и после смешивания с почвой. Затем рассчитывается количество влаги, содержащееся в почве.

Электрометрические методы основаны на измерении или диэлектрической проницаемости (емкостные) или электропроводности (омические).

Измерение влажности емкостным методом основано на том, что минеральные вещества почвы имеют диэлектрическую проницаемость в несколько раз меньшую, чем вода. Величина диэлектрической проницаемости влажной почвы в основном определяется количеством влаги в ней. Ее величина менее чувствительна к изменению солесодержания в почве и температуры.

Диэлектрическую проницаемость определяют как отношение емкости конденсатора, погруженного в исследуемое вещество. Емкостные датчики влагомеров это конденсаторы, пластины которых погружены в почву.

Измерение диэлектрической проницаемости почв требует сложной дорогостоящей аппаратуры. Для почв и грунтов рекомендуются диэлектрические влагомеры ВОДГЕО (Черняк) и Государственного гидрологического института.

Изучение различных конструкций датчиков показало, что при измерении влажности на глубине до 10 см можно пользоваться трехзубовой вилкой, вмонтированной в эбонитовую пластинку. При измерении влажности до глубины 50 см предлагается в качестве датчика брать два металлических стержня длиной 50 см при расстоянии между ними 3 см. Концы стержней присоединяются к проводам измерителя. В качестве датчика в приборе ВОДГЕО рекомендуются зонды разной длины, в зависимости от глубины, на которой проводятся исследования. Роль обкладок конденсатора играют два металлических цилиндра, расположенные на одной оси по вертикали на некотором расстоянии один от другого.

Точность работы емкостного метода прогрессивно падает по мере подсушивания почвы, а в интервале ее влажности ниже влаги завядания растений электрометрический емкостной метод и вовсе не применим.

Тензиометрические методы основаны на измерении всасывающей способности почвы. Впервые тензиометр для определения влажности почвы был применен В. С. Корневым.

Основной рабочий элемент тензиометра — пористая пластина или трубка, помещаемая в почву. Гидравлическая система, заполненная чистой водой, соединяет пористый элемент с манометром. После установки и заливки датчика ненасыщенная влагой почва отсасывает воду через пористый элемент до тех пор, пока отрицательное давление (вакуум) в трубке не уравнивает сосущую силу почвы. Отсчет давления в гидравлической системе тензиометра производится непосредственно по манометру прибора.

При использовании тензиометра как влагомера, предварительно строят градуировочную кривую, по которой затем по показаниям тензиометра определяют влажность почвы [5].

Данный способ определения влажности почвы по сравнению с весовым методом является менее точным, так как с помощью тензиометров можно фиксировать в почве лишь капиллярную воду и то не во всем диапазоне ее напряжения, а также точность показаний прибора зависит от полноты контакта свечи (тонкопористой трубки) или пластины с почвой, и возможного замазывания этих частей прибора сырой тяжелой по механическому составу почвой.

Радиоактивный метод, основанный на поглощении бета - или гамма-излучений при прохождении их через толщину контролируемого материала. Он применяется главным образом для контроля влажности

почв, грунтов и торфа. В принципе радиоактивный метод удобен тем, что позволяет определять влажность материала без нарушения его структуры и без отбора проб [4].

Данный метод определения влажности почвы обеспечивает примерно такую же точность искомых величин, как и термостатно-тепловой; при этом на одно измерение в поле, включая и вычисления, требуется 2...3 мин. Однако с позиции одной гаммаскопической установки можно просвечивать минеральных почвогрунтах толщу в 30...40 см.

Нейтронный метод измерения влажности основан на замедлении «быстрых» нейтронов атомами водорода, содержащегося в воде. Сталкиваясь с атомными ядрами, «быстрые» нейтроны теряют часть своей энергии и превращаются в «медленные» и «тепловые» нейтроны, отличающиеся от «быстрых» значительно меньшей энергией.

Проникающая способность «быстрых» нейтронов невелика, поэтому приемник «медленных» нейтронов монтируется вблизи от источника «быстрых». Конструкция оформляется в виде зонда, вводимого в толщу контролируемого материала.

Нейтронные влагомеры применяют чаще всего для определения поверхностной и глубинной влажности почв [2, 4].

Точность определения влажности почвы нейтронным методом составляет 3...5 %. На одно определение требуется 2...5 мин. А также позволяет определять сразу абсолютную влажность почвы в любой момент времени без предварительного учета исходной влажности почвы термостатно-тепловым способом. Влажность почвы определяется в слое почвы 15...30 см.

Анализируя представленную информацию, можно сделать следующие выводы:

1) в настоящее время отсутствуют методы и технические средства позволяющие определять влажность почвы в полевых условиях с высокой точностью и однозначностью показаний;

2) отсутствуют приборы для определения влажности почвы, которые могли бы совмещаться с компьютером для автоматической обработки полученных результатов измерений, а также составления точных карт состояния почвенного покрова;

3) существующие методы и технические средства для определения влажности почвы требуют применения ручного труда, как для получения проб почвы, так и для проведения самих измерений, что отрицательно сказывается скорости и точности проведения измерения, и значительно увеличивает затраты на проведение измерений;

4) в связи с этим необходимо разработать способы или технические средства, которые позволяли бы проводить определение влажности почвы непосредственно в полевых условиях, с относительно высокой точностью и с минимальными затратами ручного труда, а также с возможностью применения средств автоматической обработки получаемой информации, и определение положения контролируемого участка на местности.

Библиографический список

1. Долгов С. И. Агрофизические методы исследования почв. – М.: Наука, 1966. – 259 с.
2. Качинский Н. А. Физика почвы. – М.: Высшая школа, 1970. – 358 с.
3. Кильчевская Л. С. Влажность почв Европейской части СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 183 с.
4. Мелкумян В. Е. Измерение и контроль влажности материалов. – М.: Издательство комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, 1970. – 139 с.
5. Мушкин И. Г. Влагообеспеченность сельскохозяйственных полей. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 256 с.

УДК 631.331

Кулинич А.Н., Кудрявцев И.В., Нестеров К.Г., Зубрилина Е.М.

Ставропольский государственный аграрный университет

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ ДЛЯ ПОСЕВА ПРОПАШНЫХ КУЛЬТУР

В данной статье были рассмотрены и проанализированы тенденции развития сеялок для посева пропашных культур. Отмечены новые разработки, приведены примеры их применения и их влияние на качество посева.

Ведущими учеными определены основные направления и тенденции развития сельскохозяйственной техники: разработка и внедрение более совершенной механики, электроники, гидравлики, гидроавтоматики и прогрессивных материалов, применение заводами современных технологий и прогрессивных видов оборудования, оснастки и инструмента. Также важная тенденция современного мирового тракторного и сельскохозяйственного машиностроения - усиление внимания

компаний-производителей к организации технического сервиса выпускаемых машин.

Проведя анализ посевных машин, мы отметили следующие направления:

- повышение качества и точности посева семян;
- повышение производительности;
- повышение надёжности;
- простота и удобство в обслуживании [1].

Анализ различных конструкций сеялок, показал, что повышение качества и точности посева семян достигается не только изменением конструкции высевающего аппарата, но и усовершенствованием заделывающих органов и опорных колёс. Так, например, у многоцелевой, пневматической, пропашной сеялки Тс-М применяются высевающие аппараты фирмы "Mater Mass", у которых посев осуществляется практически в зоне опорных колёс высевающей секции. Таким образом, неровность почвы полностью перестаёт влиять на глубину заделки семян. На сеялке СТВ - 12 «Полесье» заделывающее колесо с шиной атмосферного давления переменного профиля засыпает семена почвой, уплотняя их покроям бороздки и оставляя рыхлой под семенами, что способствует их лучшему прорастанию и препятствует образованию корки над семенами. На сеялке СУПП - 8 опорно-приводные колёса имеют увеличенный на 10 см радиус качения и развитые грунтозацепы повышенного сцепления с почвой, что значительно снижает скольжение колёс, повышает надёжность и устойчивость работы приводных механизмов для зерновых и туковых секций. На сеялке УПС - 12 впереди рабочей секции установлен комкоотвод, позволяющий убрать из зоны посева комки и сухой слой почвы. Передний каток секции обеспечивает уплотнение и выравнивание почвы для более качественного посева. V-образный прикатывающий каток обеспечивает подтягивание влаги в зону посева, придавливание семян к почве, оставляя при этом не уплотнённый слой почвы, над семенем способствуя быстрому прорастанию семян.

Одним из примеров конструктивного изменения высевающего аппарата, влияющего на качество и точность посева семян, является изменение конструкции сбрасывателя лишних семян. На пропашной сеялке СПКА-1 «ТАНА» выпускаемой ОАО «АОМЗ» точная регулировка узла сброса "лишних" семян позволяет сэкономить семенной фонд, добиться улучшенного качества посева и снижения трудозатрат при уходе за посевами. Минимальный момент вращения исполнительного органа аппарата уменьшает нагрузку на механизмы привода и обеспечивает высокую точность посева семян. А на сеялке СУПП - 8 пластинчатый отражатель «лишних» семян в высевающем аппарате имеет пилообразные выступы для частичного экранирования площади присасывающих отверстий и безударного возвратно-поступательного смещения семян относительно этих отверстий. Такая конструкция отражателя обеспечивает эффективное удаление с высевающего диска «лишних» семян и устойчивое фиксирование на диске основных семян, занимающих в зоне действия присасывающих отверстий доминирующее положение [3].

Повышение производительности сводится к увеличению ширины захвата сеялки. Выпускаемые сейчас посевные агрегаты для посева пропашных культур имеют ширину захвата, колеблющуюся от 3,2 до 8,4 м и зерновых культур: российского производства от 3,6 до 6м; зарубежные посевные комплексы имеют ширину захвата до 25,2 м. Увеличение рабочей скорости для увеличения производительности не представляется возможным, так как нарушается качество и технология заделки семян. Рабочие скорости на основных операциях посевных агрегатов колеблются от 6 до 12 км/ч.

Повышение надёжности достигается путём более точного изготовления деталей и применения новых полимерных материалов для изготовления основных рабочих органов высевающих аппаратов. Например, на сеялке СУПП - 8 высевающие диски аппарата выполнены из нержавеющей стали, имеют ровную торцевую поверхность и плотно прилегают к стенкам семенной камеры, в результате чего семена любых размеров (даже самых мелких овощных) не повреждаются в семенной камере и не высыпаются из неё. Аппарат точного посева семян 10Н220, применяемый для комплектации и модернизации сеялок типа "Мульти-корн", СУПН-8 и др., имеющих пневматическую систему, изготовлен из облегченных сплавов и износостойких материалов, высевающие диски высокой точности выполнены из легированной стали, корпус изготовлен методом литья под давлением. Предусмотрено минимальное количество трущихся поверхностей, что гарантирует долговечность изделия. Обеспечение герметичности бункера и семенной камеры аппарата предотвращает выброс в атмосферу паров химикатов, используемых при предпосевной обработке семян.

Для простоты и удобства в обслуживании современные сеялки оснащаются электронными системами контроля. В России довольно большое распространение получила система контроля посева СКВ «НИВА 23». Она предназначена для прямого контроля процесса посева семян пропашными сеялками: СПБ-8К «АгресДон», СПКА-8 «Тана», СТВ-107 «АиСт», СУПН-8, УПС-8, СПЧ-8, «Мультикорн»,

«Оптим» и др. [1].

«НИВА 23» выдает следующую информацию: норма высева семян (шт./м) в каждом ряду; процент двойников и пропусков семян по всем рядам; равномерность высева семян по всем рядам; распределение семян (% и см) вдоль рядка; распределение семян (% и см) по всей площади; нижний уровень семян и удобрений в бункерах; скорость движения агрегата; время работы сеялки и засеянная площадь поля; величина скольжения приводных колес сеялки; качественные показатели высева по всей площади поля; результат самопроверки состояния системы контроля.

Таким образом «Нива 23» выдает полную информацию о ходе и качестве высева семян, как по рядам, так и по всему полю. Оперативно влияет на процесс высева, что позволяет с учетом качества подготовки почвы, ее влажности, качества семян и скорости движения наиболее равномерно распределить семена по площади поля. Помогает соблюдать рациональную технологию посева, в результате чего сокращаются сроки посева, исключается перерасход семян, полностью ликвидируются сплошные просевы и, самое главное, микропросевы, снижающие урожайность с.-х. культур на 4... 12%.

В отличие от промышленности в сельском хозяйстве машины непосредственно воздействуют на объекты живой природы: растения, семена, почву, населенную разнообразными живыми организмами, и др. При выполнении технологических процессов машины должны, во-первых, создавать наилучшие условия для возделывания растений, а во-вторых, не наносить им вреда и не создавать условий, препятствующих их развитию. Поэтому при создании новых машин или выборе их из образцов, выпускаемых промышленностью, учитывают технологические свойства и агробиологические особенности возделываемых растений, почвенно-климатические условия и сроки работ. Для успешного применения машин важно также, чтобы растения были приспособлены для машинной технологии их возделывания. Это требование учитывают при выведении и районировании новых сортов сельскохозяйственных культур [2].

Научно-технический процесс в механизации сельскохозяйственного производства направлен на снижение удельных затрат энергии, повышение производительности, улучшение показателей качества выполняемой работы и условий труда тракториста-машиниста, автоматизацию рабочего процесса машин, снижение техногенной нагрузки на природную среду.

При разработке новой техники используют принцип дополнения или принцип замены. В первом случае производственную машину усовершенствуют или модернизируют без изменения ее рабочего процесса. Производительность усовершенствованной машины увеличивается в 1,3 раза, а модернизированной — в 1,6 раза по сравнению с производственной. Во втором случае, используя изобретения, разрабатывают новую или принципиально новую машину, рабочий процесс которой отличается существенной новизной, а производительность возрастает в 2 раза и более [3].

В настоящее время сельскохозяйственные предприятия Ставропольского края имеют современные сеялки, выпускаемые Российскими и зарубежными фирмами, но в большинстве хозяйств в шлейфе машинотракторного парка преобладают пропашные сеялки марки СУПН - 8, количество которых в настоящий момент превышает 1000 штук по Ставропольскому краю. Однако этот модельный ряд имеет недостатки, поэтому на наш взгляд наиболее целесообразней, для повышения качества и точности посева семян, усовершенствовать имеющиеся конструкции путём модернизации.

Библиографический список

1. Астохов В.С. Посевная техника: анализ и перспективы развития // Тракторы и сельхозмашины. - 1999. - №1. - С. 6-8.
2. Кваша Ю.Л. Номенклатура пропашных сеялок производства ОАО «Червона зирка» // Агроснаб Форум. - №4. - 2005
3. Посев пропашных культур - от качества к прибыли // АгроМаркет. - №2. - 2005.

УДК 631.431

Фатхутдинов М.Р.

СЛЕДРАЗРЫХЛИТЕЛЬ ТРАКТОРА КЛАССА 1,4 – 5 С КОМБИНИРОВАННЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Приведена схема и описание конструкции следоразрыхлителя трактора класса 1,4-5 с комбинированным рабочим органом. Рассмотрен технологический процесс работы следоразрыхлителя.

Проведённый анализ существующих следоразрыхлителей [1] показывает, что целесообразным является использование следоразрыхлителя с комбинированными рабочими органами. Однако существую-

щие следоразрыхлители не в полной мере обеспечивают качество крошения уплотненной почвы, особенно при влажности больше влажности физически спелой почвы.

Исходя из этого, и принимая во внимание результаты анализа следоразрыхлителей, был разработан следоразрыхлитель с комбинированными рабочими органами для разрыхления следов ходовых систем тракторов класса 1,4 – 5.

Данный следоразрыхлитель трактора (Положительное решение о выдаче патента на изобретение №2004131601/12(034442)) (рис. 1) состоит из: плоской сварной рамы 1, состоящей из двух продольных и переднего и заднего поперечных брусьев, на концах переднего бруса установлены опорные колёса 7, по середине переднего бруса установлен замок автосцепки 8; на заднем поперечном брусце закреплены редуктор, коробка передач, вал, прицепное приспособление 2, боковые секции, каждая из которых содержит рыхлители 5, расставленные в два параллельных заднему поперечному брусу ряда в шахматном порядке друг относительно друга, и ножи 6. Ножи 6 выполнены в виде стоек рыхлителей 5, а позади последних установлена реактивная батарея зубовых дисков 3, позади которой установлена приводная батарея зубовых дисков 4, при этом направленные вперёд зубья дисков реактивной батареи 3 расположены над лапками рыхлителей 5 заднего ряда напротив середины интервалов между соседними ножами 6 переднего и заднего рядов, а зубья дисков приводной батареи 4, расположены между зубьями дисков реактивной батареи 3. Приводная батарея зубовых дисков 4 вращается от вала отбора мощности трактора при помощи шарнирной передачи, редуктора, коробки передач, вала и цепного привода.

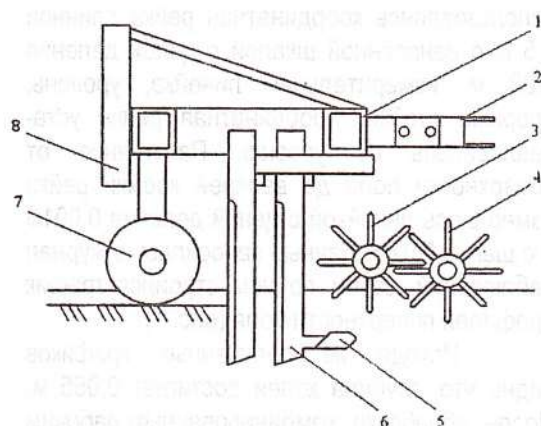


Рис. 1. Следоразрыхлитель трактора класса 1,4 – 5 с комбинированным рабочим органом:
1 – рама; 2 – прицепное приспособление; 3 – батарея реактивных зубовых дисков; 4 – батарея активных зубовых дисков; 5 – рыхлитель; 6 – нож;
7 – опорное колесо; 8 – автосцепка

Технологический процесс работы следоразрыхлителя с комбинированными рабочими органами осуществляется следующим образом.

В процессе работы ножи нарезают в уплотнённой по следу трактора почве независимые друг от друга до установленной глубины в продольно - вертикальной плоскости ленты. Которые подрезаются и приподнимаются рыхлителями, причём на каждую отдельную ленту воздействуют с двух сторон крылья от смежных лапок рыхлителей. Реактивная батарея зубовых дисков расположенная над лапками рыхлителей заднего ряда, рыхлит нарезанные ленты на отдельные комки почвы, при этом зубья дисков приводной батареи, расположенные между зубьями дисков реактивной батареи, отрывают и отводят от комков почвы мелкие агрегаты и очищают междисковое пространство реактивной батареи зубовых дисков, не давая им забиваться и сгущивать почву, за счёт большей частоты вращения.

Технологический процесс работы следоразрыхлителя с комбинированными рабочими органами можно разделить на три основных этапа.

На первом этапе происходит нарезание почвенных лент, которые подрезаются и приподнимаются рыхлителями. На втором этапе происходит рыхление нарезанных лент на отдельные почвенные агрегаты реактивной батареей зубовых дисков. На третьем этапе происходит отрыв и отвод от комков почвы мелких агрегатов и очищение междискового пространства реактивной батареи зубовых дисков зубьями приводной батареи, а также выравнивание поверхности.

В результате чего данная технологическая схема следоразрыхлителя с комбинированными рабочими органами обеспечивает высокое качество крошения и выравнивания влажной уплотнённой почвы по следам ходовых систем тракторов.

Библиографический список

1. Фатхутдинов М.Р. Анализ и обоснование технологической схемы следоразрыхлителя // Сб. научн. тр. СГСХА. – 2004. – С. 148-149.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА СЛЕДРАЗРЫХЛИТЕЛЯ

Приведены результаты экспериментальных исследований комбинированного рабочего органа следоразрыхлителя: поперечного профилирования следа и равномерности глубины заделки семян озимой пшеницы.

Для проверки качества работы следоразрыхлителя тракторов класса 1,4...3 [1] были проведены лабораторно-полевые исследования.

Исследования проводились с использованием трактора МТЗ – 80, экспериментального следоразрыхлителя с комбинированным рабочим органом и сеялки СЗ – 5,4 на поле Поволжского научно-исследовательского института селекции и семеноводства им. П.Н. Константинова в августе – сентябре 2005 года.

Для оценки выровненности поверхности поля по следу трактора и после обработки следоразрыхлителем было проведено поперечное профилирование. Измерения проводились в четырёхкратной повторности. При влажности почвы в слое 0-0,1 м $W=20,4\%$. Глубина рыхления следа – 0,08 м.

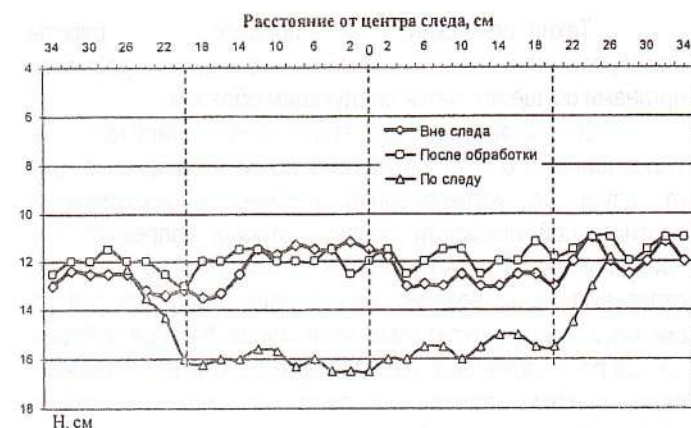


Рис. 1. График профилей поверхности поля

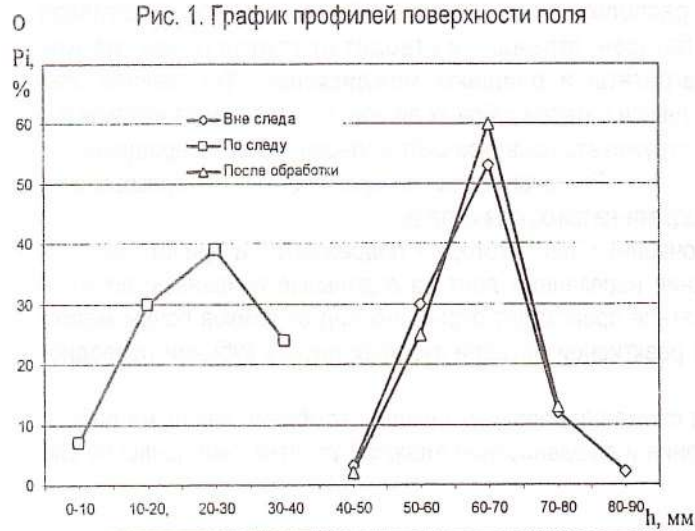


Рис. 2. График глубины заделки семян озимой пшеницы

обработки следоразрыхлителем находятся в основном в заданном горизонте глубины посева.

Применение следоразрыхлителя с комбинированными рабочими органами обеспечивает качественный посев семян на уплотненных участках, что создаёт благоприятные условия для появления дружных, равномерных всходов и их развития.

Библиографический список

1. Савельев Ю.А., Мокрицкий С.Н., Фатхутдинов М.Р. Следоразрыхлитель трактора: Решение о выдаче патента на изобретение № 2004131601/12(034442) – 2004.

Для снятия поперечного профиля использовались координатная рейка длиной 1,5 м с нанесённой шкалой с ценой деления 0,02 м, измерительная линейка, уровень, опорные стойки. Координатная рейка устанавливалась по уровню. Расстояние от поверхности поля до верхней кромки рейки измерялось линейкой с ценой деления 0,001 м и с шагом 0,02 м. Данные заносились в журнал наблюдений, затем по ним строился график профилей поверхности поля (рис. 1).

Исходя из полученных графиков видно что, глубина колеи достигает 0,055 м. После обработки комбинированным рабочим органом следоразрыхлителя уплотненная почва в следе была качественно разрыхлена и выровнена.

Глубина посева семян озимой пшеницы 0,06 м. Фактическую глубину заделки семян определяли по этиолованной части растений после появления 2...3 листочков, в рядах растений расположенных вне следа, по следу и по обработанному следоразрыхлителем следу. Полученные данные обрабатывались методом математической статистики, по которым затем строились графические зависимости (рис.2).

Из представленных зависимостей видно, что основная часть семян высеванных по следам колёс трактора находятся на глубине 0,01-0,04 м, то есть меньше заданной глубины. Высеванные в почву семена вне следов и после

КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДОСТИ ПОЧВЫ

Рассмотрен комплекс измерительных приборов и оборудования в системе точного земледелия.

Технические системы факторного картографирования содержат в своем составе навигационную систему и одноканальное (многоканальное) электронное измерительное устройство (ИУ), которое фиксирует в цифровой форме текущее состояние картографируемого показателя поля (рис.1). Результатом работы такой технической системы является факторная картограмма (КГ). Как правило, процесс ее создания и практического использования разнесены по времени. При нулевом времени разнесения возникает вариант оперативной картографии.

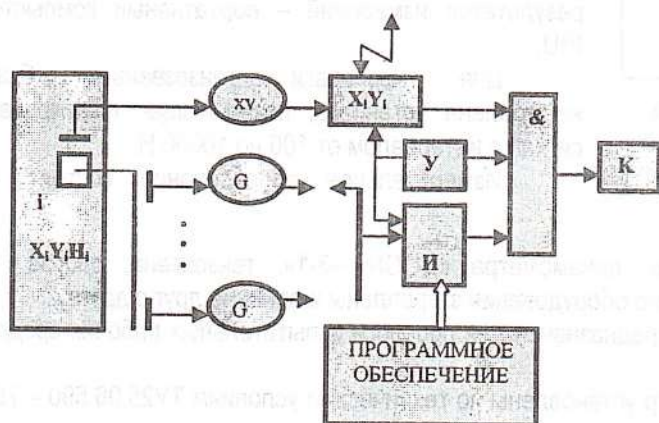


Рис.1. Структурная модель технической системы факторного картографирования: x, y, h – датчик координат x, y и h ; $X_i Y_i H_i$ – навигационная система определения координат объекта, находящегося в i -ой точке поля; ИУ – устройство управления; КГ – факторная картограмма; $G_1 \dots G_n$ – факторные датчики (твердость, влажность, электропроводность и др.); ИУ – измерительный блок с бортовой ЭВМ

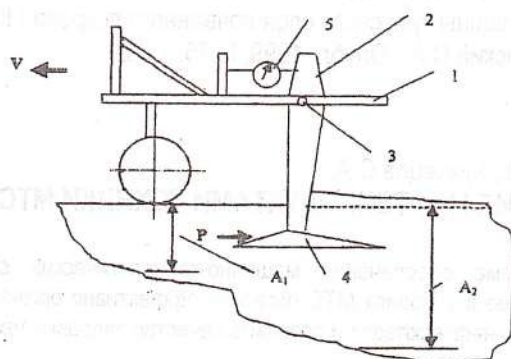


Рис.2 – Схема динамометрического плоскореза:

- 1 - рама; 2 - стойка лапы; 3 - шарнир стойки; 4 - рабочий орган (лапа); 5 - устройство для измерения усилия P ; A_1 - меньшая толщина гумусного слоя; A_2 - большая толщина гумусного слоя

Для измерения твердости почвы изготовлен специальный динамометрический плоскорез (рис.2) [1]. Он состоит из рамы 1, с опорным колесом и навесной системой. На раме через шарнир 3 крепится стойка лапы плоскореза 2. К нижней части стойки 2 крепится рабочий орган (лапа) плоскореза 4, а между верхним концом стойки и рамой закреплено устройство для измерения усилия P , действующего со стороны почвы на рабочий орган (лапу) плоскореза.

Работа динамометрического плоскореза осуществляется следующим образом. При движении плоскореза равномерно по полю со скоростью V , рабочий орган 4 вначале проходит через участок с большей толщиной (A_2) гумусного слоя почв, имеющей менее плотное сложение (меньшую объемную массу). Усилие P , действующее со стороны почвы на рабочий орган 4 будет меньшим, что будет зарегистрировано устройством 5. При движении плоскореза через участок с меньшей толщиной A_1 гумусного слоя, который имеет более плотное сложение (большую объемную массу), усилие P , воздействия со стороны почвы на рабочий орган будет большим, и это отразит измерительное устройство 5. К устройству 5 подключается цифровая или аналоговая записывающая аппаратура, которая позволяет

осуществить непрерывную запись изменяющегося усилия, действующего со стороны почвы на рабочий орган динамометрического плоскореза. Для определения удельного сопротивления почвы, необходимо разделить усилие P , полученное в каждой точке прохода рабочего органа на площадь поперечного сечения (ширина рабочего органа, умноженная на глубину хода его) обрабатываемого пласта почвы. Координаты, точек прохождения агрегата по полю фиксирует глобальная навигационная система GPS. В первом варианте лабораторной установки применена теодолитная система координатной привязки.

После расшифровки данных регистрирующего прибора с заданным шагом квантования, получают числовую матрицу, дальнейшая обработка которой производится по специальной картографической программе.

Общая схема информационно-измерительной системы измерительного оборудования может быть представлена в виде блочной схемы (рис.3).

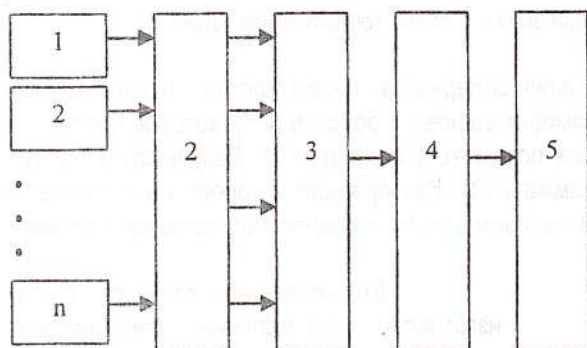


Рис. 3. Блок-схема измерительно-информационной системы: 1...n – датчики (тензозвенья); 2 – цифровой усилитель; 3 – цифровой осциллограф; 4 – блок обработки (ПК или ноутбук); 5 – принтер

В нашем случае применялись 3 типоразмера тензозвеньев на усиление 1,0 т; 1,5 т и 3,0 т, в которых использовались датчики сопротивлений сопротивлением 200 ± 1 ом, соединенных в виде моста сопротивлений. В качестве блока усиления применялся цифровой усилитель «Spider - 8», для регистрации данных цифровой электронный осциллограф АСК – 3117 и для обработки результатов измерений – портативный компьютер IRU.

Для тарировки тензозвеньев была изготовлена установка, позволяющая фиксировать сигнал с интервалом от 100 до 10000 Н.

Измерительное оборудование состоит из

станины, винтовой стяжки, раздвижной рамки, динамометра «ДОСМ –3-1», тензозвена, дисков и установочных шариков. Все звенья измерительного оборудования закреплены шарнирно друг с другом.

Динамометр образцовый переносной предназначен для проверки испытательных рабочих средств измерений при статистических нагрузках.

Технические требования на динамометр установлены по техническим условиям ТУ25.06.590 – 76 в соответствии с требованиями ГОСТ 9500-75.

Строится тарировочная прямая, полученная в результате нагружения тензометрического звена. Нагрузка фиксируется по оси абсцисс через каждый миллиметр деформации динамометра, а одно деление шкалы ординат соответствует 100 кг нагрузки. По оси абсцисс фиксируется изменение в МВ. Результаты тензометрирования вводится в память и выводится на экран ПК.

Библиографический список

1. Патент РФ №2143112 Способ определения толщины гумусного слоя почвенного покрова / Канаев А.И., Иралиев Б.А., Савельев Ю.А., Ларионов Ю.В., Иванайский С.А. - Оpubл. 1999, №35. - Ч.2.

УДК 821.89

Гужин И.Н., Янзин В.М., Кузнецов С.А.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНАБЖЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТАМИ ТЕХНИКИ МТС

В статье предлагается усовершенствованная схема обеспечения машинно-технологических станций нефтепродуктами. Организация нефтехозяйства по новой схеме в условиях МТС позволит эффективно организовать снабжение техники топливом, снизить затраты на эксплуатацию нефтескладов и повысить качество заправки техники.

Надежность, долговечность и экономичность работы машин зависят в большей степени от организации и правильного построения системы нефтепродуктообеспечения предприятия. Рациональная организация заправки машин позволяет сократить непроизводительные простои техники и потери нефтепродуктов.

Чтобы обеспечить машины нефтепродуктами, в машинно-технологических станциях должно быть хорошо организованное нефтехозяйство. Функции нефтехозяйства следующие: бесперебойное снабжение техники нефтепродуктами, хранение запасов топлива и смазочных масел, контроль качества поставляемых нефтепродуктов.

В настоящее время снабжение в частности Самарской МТС нефтепродуктами организовано по следующей схеме (рис. 1).

По этой схеме нефтепродукты доставляются непосредственно на пункты заправки с нефтебазы.

Основным преимуществом данной схемы является простота и дешевизна организации работы нефтехозяйства за счет отсутствия складов нефтепродуктов в хозяйстве.

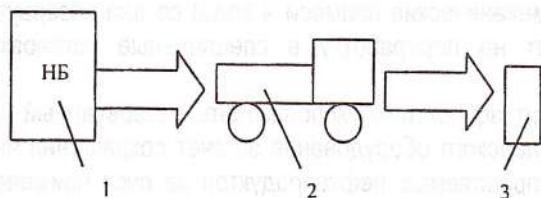


Рис.1. Наиболее распространенная схема обеспечения МТС нефтепродуктами: 1 – нефтебаза; 2 – топливозаправщик; 3 – пункт заправки техники

покупалось топливо низкого качества, несоответствующего сорта, что привело к простоям тракторов и комбайнов по причине выхода из строя системы питания дизелей и застывания летнего топлива. Это привело к дополнительным затратам на обслуживание МТП в основном за счет закупок деталей топливной аппаратуры.

Для выполнения поставленных перед нефтехозяйством задач нами предлагается организовать его по следующей схеме (рис. 2).

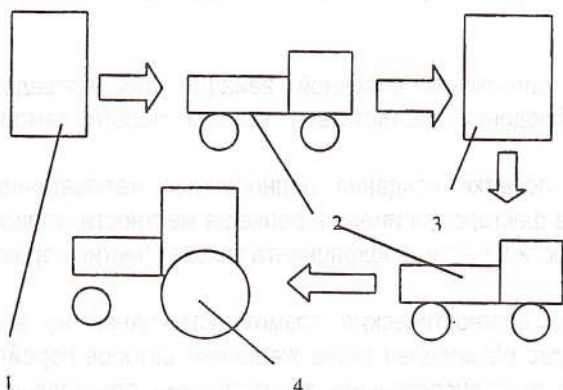


Рис.2. Предлагаемая схема обеспечения МТС нефтепродуктами: 1 – нефтебаза; 2 – топливозаправщик; 3 – нефтесклад хозяйства; 4 – заправляемая техника

G_{MAX} – максимальный суточный расход нефтепродукта, кг/сут, G_M – среднесуточный расход топлива в течение периода сельскохозяйственных работ, кг/сут; $t_{откл}$ – отклонение периодичности доставки топлива, дней; $P_{дос}$ – периодичность доставки топлива, дней.

Необходимость отстаивания дизельного топлива вызвана наличием в нем механических примесей, воды. Для качественного отстаивания предлагается использовать следующую схему хранения дизельного топлива (рис. 3).

Первичный контроль качества топлива предлагается проводить с использованием переносной лаборатории типа 2М5, позволяющей брать пробы топлива в соответствии с методикой ГОСТ и оценивать, в том числе такие показатели как плотность топлива, наличие в нем воды. Первичный контроль качества моторных масел предлагается проводить переносной лабораторией типа «ПЛАМ». Проведение первичного контроля качества нефтепродуктов позволит производить закупки качественных топлива и масел.

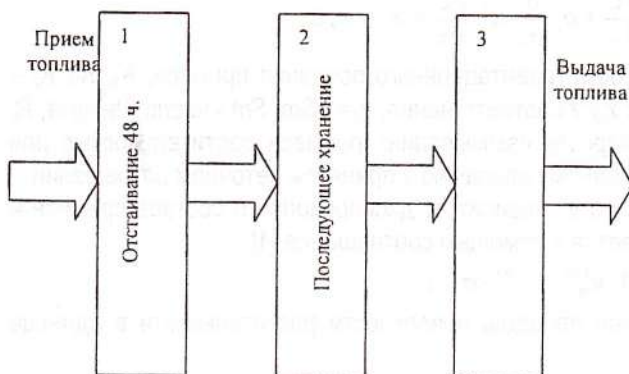


Рис. 3. Предлагаемая схема хранения топлива

Недостатки – отсутствие страховочного запаса нефтепродуктов в случае перебоев их поставки с базы и отсутствие контроля качества поставляемых нефтепродуктов. Последнее особенно актуально, поскольку рынок сбыта нефтепродуктов находится в частной собственности и часто в продажу поступают некачественное топливо и смазочные масла. Так, к примеру, осенью 2005 г. областная МТС столкнулась с проблемой закупок зимнего дизельного топлива. Часто

По данной схеме на МТС или отделении организуется нефтесклад с необходимым запасом топлива и масел. При этом техника заправляется топливозаправщиками со склада предприятия.

Преимущества данной схемы: наличие страхового запаса топлива, заправка техники отстоявшимся топливом, возможность контроля качества нефтепродуктов.

Страховой запас нефтепродуктов определяется по следующей зависимости:

$$S = Q_c \cdot (\lambda_G - 1) \cdot (t_{откл} + P_{дос})$$

где Q_c – среднесуточный расход нефтепродуктов;

$\lambda_{Gi} = G_{max} / G_M$ – коэффициент неравномерности расхода;

Прием топлива производится в резервуар (группу резервуаров) 1, где происходит его отстаивание в течение 48 часов. Дальнейшее хранение топлива осуществляется в резервуаре (группе) 2, куда оно перекачивается из резервуара (группы) 1. Причем забор топлива осуществляется из верхних слоев с помощью поплавкового устройства. При этом основная масса примесей и воды остается на дне резервуара (группы) 1, за счет конструкции поплавкового устройства не позволяющей осуществлять забор нефтепродуктов со дна резервуара. Выдача отстоянного топлива

производится из резервуара 3. Продукты отстаивания (механические примеси и вода) со дна резервуаров удаляются при технических обслуживаниях, поступает на переработку в специальные установки и дальнейшую утилизацию.

Предлагаемая схема хранения топлива позволит эффективно использовать резервуарный парк, снизить затраты на техническое обслуживание нефтескладского оборудования за счет сокращения числа ТО резервуарных групп 2 и 3 и повысить качество заправляемых нефтепродуктов за счет применения ступенчатой очистки топлива. Это в свою очередь позволит сократить затраты машинотракторного парка за счет повышения надежности техники и сокращения затрат на ТО и ремонт.

УДК 001.891.57

Сыгуров П.Н., Меньшов М.В.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ АЭРОЗОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА НАВЕТРЕННОЙ СТОРОНЕ СКЛОНА

Приведены и проанализированы результаты математического моделирования распространения аэрозольного образования в условиях модельного рельефа местности. Оценены прогностические возможности используемой модели.

Агрохимические требования при применении сельскохозяйственной авиации для проведения авиахимработ обеспечиваются путем строгого соблюдения соответствия высоты полета самолета метеоусловиям в приземном слое.

В последние годы многократно принимались попытки создания полноценных математических моделей, обладающих возможностью учета целого ряда факторов, а именно, рельефа местности, толщины приземного слоя, особенностей подстилающей поверхности в части коэффициента захвата частиц аэрозоля и т.д.

Настоящая работа является попыткой оценить прогностическую возможность одной из вновь предложенных математических моделей [1]. Этот интерес обусловлен также желанием авторов перейти к моделированию процессов авиахимработ не только с грубодисперсными аэрозольными образованиями ($d_{\text{част}} \geq 100 \text{ мкм}$), но и работ с ультрамалообъемными распыляющими устройствами, обеспечивающими $d_{\text{част}} \leq 30 \text{ мкм}$.

Особенностью УМО метода авиахимработ является необходимость сверхжесткого выдерживания соответствия условий ввода аэрозоля метеоусловиям в приземном слое, именно из-за сверхмалой седиментации частиц аэрозоля и возможности их дальнего переноса от места проведения работ.

В основе математической модели лежат уравнения Навье-Стокса, а также соотношения для универсальных функций Монина-Обухова, которые ввиду достаточной изученности вертикальной структуры воздушного турбулентного потока над различными типами подстилающей поверхности [2] описывают с высокой точностью динамические и термические параметры течения в приземном слое атмосферы.

Турбулентное замыкание проведено на основе двумерной модели Смагоринского [3], которая, несмотря на простоту, дает качественно близкие результаты к модели с двухпараметрическим замыканием.

Для описания миграции облака примеси рассматривается уравнение полуэмпирической теории переноса и турбулентной диффузии для концентрации $C(x, y, z, t)$:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial (w - w_s)C}{\partial z} = \\ = \alpha_x \frac{\partial}{\partial x} K_x \frac{\partial C}{\partial x} + \alpha_y \frac{\partial}{\partial y} K_y \frac{\partial C}{\partial y} + \alpha_z \frac{\partial}{\partial z} K_z \frac{\partial C}{\partial z} + R_c - \gamma_f C,$$

где (u, v, w) – компоненты вектора скорости, w_s – скорость гравитационного оседания примеси, K_x, K_y, K_z – коэффициенты турбулентного обмена в направлениях x, y, z соответственно, $\alpha_c = 1/Sm$, Sm – число Шмидта, R_c – интенсивность эмиссии вещества ($\text{г} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$), γ_f – скорость «вымывания» примеси растительностью или другими проницаемыми препятствиями, подлежащими явному описанию в принятом сеточном разрешении.

Скорость перехвата аэрозолей растительностью γ_f зависит от дисперсионного состава примеси и скорости осаждения. Величина γ_f параметрически задается с помощью соотношения [4]

$$\gamma_f = 0.264 \cdot u_m^{1.65} \cdot w_s^{0.65} \cdot \sigma(z),$$

где u_m – модуль скорости ветра, $\sigma(z)$ – односторонняя площадь поверхности растительности в единице объема.

Далее приводятся результаты математического моделирования, целью которого, являлось получение и анализ вертикальной структуры распределения примеси в условиях модельного рельефа местности: территория $5000 \times 5000 \text{ м}^2$ с одиночным препятствием высотой 49,6 м, с основанием $1032,2 \times 185 \text{ м}$ (рис.1).

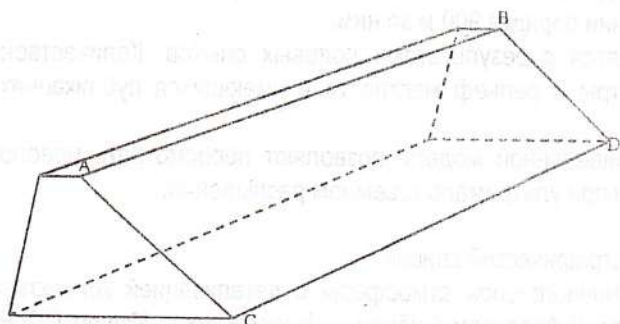


Рис. 1. Вид модельного препятствия

Введена декартова прямоугольная система координат (x, y, z) , в которой ось z направлена вверх, ось x - на восток, а ось y - на север.

Источник эмиссии помещался с наветренной стороны препятствия (грань ABCD). Варьировались: высота ввода примеси, скорость ветра в приземном слое и удаление источника от препятствия. Анализировалась структура распределения примеси в трех сечениях: две вертикальные плоскости параллельные оси эмиссии и удаленные от нее на расстояние 500 м влево и вправо и плоскость

перпендикулярная оси эмиссии и проходящая через середину расчетной области.

Численные результаты эксперимента сведены в две таблицы и представляют собой зависимость степени концентрации примеси по высоте препятствия от значений указанных выше варьируемых параметров модели. При этом в качестве оптимальной, условно выбрана концентрация $q_0 = 0,003 \text{ г/см}^3$. Значения высот, приведенных в таблице, ввиду модельного характера задачи округлены до целых значений. Максимальной и минимальной считались концентрации соответственно в пять раз больше и меньше оптимальной.

Таблица 1.

Границы зон распределения концентраций примеси по высоте препятствия (высота источника - 30 м, скорость ветра в приземном слое - 5 м/с)

Высота по сечениям, м	Границы зоны оптимальной концентрации($q=q_0$), м				Границы зоны максимальной концентрации($q>5q_0$), м				Границы зоны минимальной концентрации($q<5q_0$), м			
	Удаление от источника, м				Удаление от источника, м				Удаление от источника, м			
	500	400	300	200	500	400	300	200	500	400	300	200
Влево от оси эмиссии	39-52	38-50	34-47	29-46	55-71	52-70	50-68	48-59	10-37	8-35	8-32	6-27
Вправо от оси эмиссии	47-59	46-57	37-51	31-49	61-75	60-74	54-70	52-61	12-44	11-43	9-35	7-29
Поперечное сечение	32-44	31-42	28-40	23-38	47-63	45-62	43-58	41-56	9-30	8-28	7-25	5-20

Таблица 2.

Границы зон распределения концентраций примеси по высоте препятствия (высота источника - 15 м, скорость ветра в приземном слое - 5 м/с)

Высота по сечениям, м	Границы зоны оптимальной концентрации($q=q_0$), м				Границы зоны максимальной концентрации($q>5q_0$), м				Границы зоны минимальной концентрации($q<5q_0$), м			
	Удаление от источника, м				Удаление от источника, м				Удаление от источника, м			
	500	400	300	200	500	400	300	200	500	400	300	200
Влево от оси эмиссии	23-40	22-40	19-35	14-29	42-64	41-62	38-57	32-52	6-20	6-19	3-17	2-12
Вправо от оси эмиссии	26-44	25-42	21-39	16-30	47-68	45-65	41-59	34-55	8-24	7-22	5-19	3-14
Поперечное сечение	20-38	20-37	17-31	12-21	41-59	39-57	35-51	25-48	4-17	4-17	2-15	1-10

Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы: при заданной скорости ветра в приземном слое 5 м/с и высоте ввода аэрозоля 30 м, высота зоны оптимальных концентраций изменяется в

среднем по сечениям от 52 до 46 м по мере приближения источника эмиссии к препятствию, то есть приемлемая картина распределения примеси наблюдается лишь на вершине препятствия (46-49,6 м).

При уменьшении высоты ввода аэрозоля до 15 м и той же скорости ветра оптимальные концентрации распределились на высоте от 27 до 41 м.

Увеличение значения скорости ветра показало, что при рассмотренных условиях расположения источника почти вся примесь по причине малой седиментации выносится на высоту превышающую высоту рассмотренного препятствия и оседает на расстоянии порядка 900 м за ним.

Полученные результаты качественно сходятся с результатами полевых опытов. Количественное сравнение затруднительно, так как метеопараметры и рельеф местности в имеющихся публикациях по авиасельхозработам, как правило, не приводятся.

В целом, прогностические возможности приведенной модели позволяют пересмотреть идеологию проведения сельхозработ с привлечением авиации при ультрамалообъемном распылении.

Библиографический список

1. Шлычков В.А. Численная модель пограничного слоя атмосферы с детализацией конвективных процессов на основе вихреразрешающего подхода // Аэрозоли Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2005.
2. Пинус Н.З., Шур Г.Н. Экспериментальные исследования когерентной структуры турбулентных течений в нижней тропосфере // Метеорология и гидрология – 1989. – N 5. – С. 19-24.
3. Smagorinsky J., Manabe S., Hollway J. Numerical results from a ninelevel general circulation model of the atmosphere. // Month. Weather Rev. - 1965. - v.93. - N 8. - P. 727-768.
4. Дунский В.Ф., Никитин Н.В., Соколов М.С. Пестицидные аэрозоли. – М.: Наука, 1982. – С. 287.

УДК 631.331

Стоянов К.Ю.

Саратовский ГАУ им Вавилова Н.И.

ПРИБОРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СЕМЯН АМАРАНТА

На работу высевального аппарата оказывает большое влияние физико-механические свойства семян, особенно если они относятся к разряду мелкосемянных, таких как амарант. Поэтому определение их свойств является одним из важнейших этапов в расчете параметров сеялки. Для исследования физико-механических свойств необходимо иметь необходимое оборудование и новейшие приборы.

К наиболее характерным физико-механическим свойствам семян относятся линейные размеры, абсолютный и объемный вес, коэффициент внутреннего трения и коэффициент трения о поверхность различных материалов и т.д.

Каждое из перечисленных выше физико-механических свойств семян влияет на работу высевального аппарата. Например, линейные размеры семян влияют на параметры отборочных элементов катушки высевального аппарата, а так же определяют степень герметичности и технологические зазоры между продольными стенками по основанию бункера. Коэффициент трения характеризует фрикционные свойства семян и оказывает влияние на угол наклона образующей конусообразных отборочных элементов и дна высевального аппарата. Абсолютный и объемный вес семян определяют объем бункера для семян. Показатели абсолютного веса семян служат для расчета числа высеваемых семян на единицу площади.

При лабораторных исследованиях использовалась специальная аппаратура и измерительные приборы.

Линейные размеры семян амаранта определялись с помощью отечественного микроскопа «МБС – 9» и польского «PZO», а так же мерной плоскостью с шагом линий 1,0 и 0,1 мм. Съёмка проводилась цифровым фотоаппаратом «Nikon - Coolpix - 7900». В настоящее время наиболее широко используется сорт «Багряный» и «Кинельский - 254». Семена сорта «Багряный» имеют темно – фиолетовую окраску, в то время как семена сорта «Кинельский – 254» имеют светло – желтую окраску (рис. 1). Геометрические размеры семян также имеют различия: сорт «Багряный» имеет продолговатую форму, а сорт «Кинельский – 254» имеет округлую форму (рис. 1).

Абсолютный и объемный вес семян амаранта определялся на лабораторных атомных весах марки «ВЛА – 200г - М» с точностью 0,0001 г. Также для определения объемного веса использовалась

дополнительно мерная емкость объемом 1 см³.

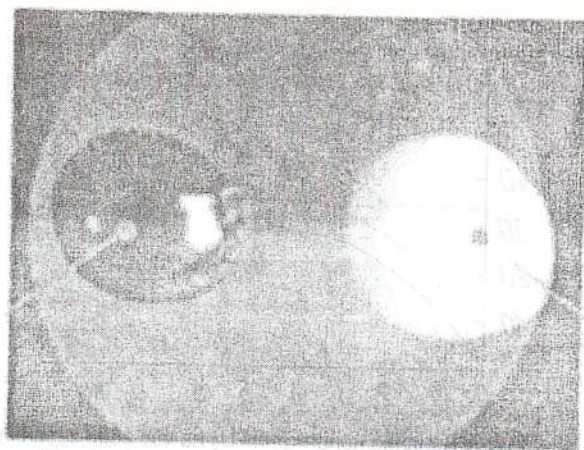


Рис. 1. Сравнительный анализ семян сорта «Багряный» (1) и «Кинельский – 254» (2)

Платформа может поворачиваться от горизонтального положения до угла 45° с помощью винтового устройства.

Угол внутреннего трения определяется на лабораторной установке состоящей из горизонтальной мишени с шагом колец 1 мм и вертикальной линейки расположенной в центре мишени.

УДК 631.53.02

Бармин Н.В.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ НА СЕМЕНА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Приводятся результаты действия электрического поля промышленной частоты на качественные показатели семян зерновых культур на примере яровой пшеницы.

При подготовке семян, подготовленных к посеву, существует естественная неоднородность, которая сдерживает рост повышения урожайности. Биологически неполноценные зерна в посевной партии, приводят к низкой всхожести, перерасходу посевного материала, недобору урожая при уборке.

Для решения проблемы обеспечения сельского хозяйства качественными семенами возникает задача получить не только сортовые семена с высокими свойствами, но и устойчивыми к заболеваниям, адаптивными к неблагоприятным условиям среды.

Задача может быть решена с внедрением в сельскохозяйственное производство новых технологий, с использованием электрофизических факторов воздействия на семена - отбором биологически ценных зерен без механических повреждений в электрическом поле, активацией биохимических и физиологических процессов перед посевом.

В МГАУ (г. Москва, академик И.Ф. Бородин и профессор В.И. Тарушкин) разработаны и выпускаются серия диэлектрических сепараторов: СДЛ-1; СД-1; СД-2; и СД-3-2, которые обеспечивают выделение в посевную 1 фракцию биологически зрелых полноценных семян, используя электрическое поле тока промышленной частоты.

Аналогичная конструкция была изготовлена на инженерном факультете Самарской ГСХА [1].

Опыты, проведенные нами, показывают существенное преимущество посевных и продуктивных качеств семян I-й фракции перед 2-й.

Один из показателей – это вес 1000 семян 1-ой и II-ой фракции. Количество семян в 1-ой и II-ой фракции в процентном соотношении будет зависеть не только от кратности обработки, но и от напряжения на барабане U_6 . При заданных параметрах для II-ой фракции не более 15%, масса 1000 семян I и II-й фракции при однократной обработки в значительной степени зависит от напряжения U_6 т.е. $G_{II} = f(U_6)$. График зависимости показан на рисунке 1.

Качественный показатель данного способа разделения семян на фракции подтверждается весом 1000 семян каждой фракции. Вес 1000 семян фракций практически зависит от рабочего напряжения U_6 (рис.2).

Полученные зависимости $G_1, G_2 = f(U_6)$ позволяют определить необходимое U_6 для отбора зрелых семян при заданном проценте выхода менее полноценных семян во II-ю фракцию.

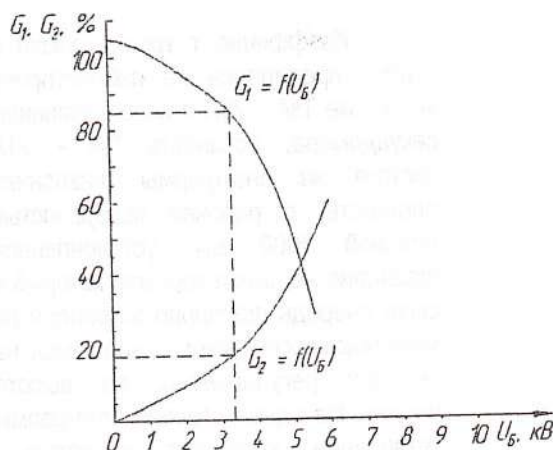


Рис.1 Зависимость массы 1000 семян 1-ой (G_1) и второй (G_2) фракции семян от напряжения на барабане (U_6), в %

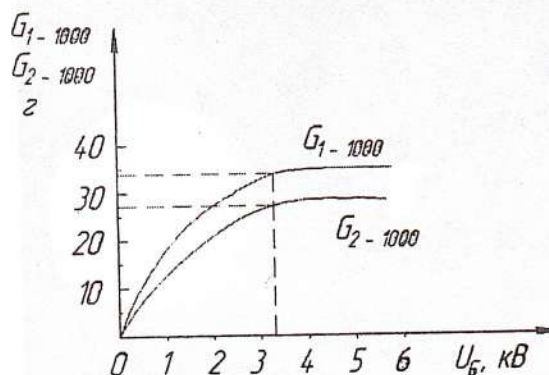


Рис.2. Влияние напряжения U_6 на вес 1000 зерен I и II фракций

Оптимальным напряжением U_6 при заданном 15% содержании II-й фракции является напряжение 3,3 кВ.

Опыты проводились на семенах яровой пшеницы.

Эффективность технологического приема уменьшает количество семян на 15%, повышает всхожесть на 15...17% и урожайность зерновых на 20...25%.

Ожидаемая годовая прибыль может получена от повышения урожайности, снижения посевной нормы и снижения расхода пестицидов (на 50%).

Все это дает основание для широкого внедрения экологически чистого и эффективного способа обработки семян электрическим полем тока промышленной частоты на диэлектрических сепараторах.

Библиографический список

1. Бармин Н.В. Исследование электрофизических методов повышения качества семян зерновых культур. // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке: сб. науч. тр. инженерной секции Международной научно-практической конф. СГСХА. - Самара, 2004. - 463с.

УДК 631.17.001.57

Алмасова Г.З.

АНАЛИЗ ОПИСАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ДИНАМИКУ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Рассматриваются математические методы, применяемые при решении задач динамики, с помощью дифференциальных уравнений Лагранжа и аппарата теории случайных процессов.

При теоретическом обосновании различных динамических систем возникает необходимость в обосновании не только конструктивных параметров, но и технологических компонентов. Для объективного отображения названных параметров часто бывает недостаточно выводов формул в статике, более объективными и прогностическими являются математические модели, учитывающие условия и характер рассматриваемого процесса в динамике.

Математическая модель представляет собой систему математических соотношений – формул, функций, неравенств, уравнений, систем уравнений, описывающих те или иные стороны изучаемого объекта, процесса, явления.

В задачах динамики наиболее часто при построении моделей, представляющих собой обыкновенные дифференциальные уравнения второго порядка, используют уравнения Лагранжа второго рода. Для голономных систем эти уравнения записываются так:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_1} = Q_1 \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_2} = Q_2 \\ \dots \\ \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_n} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_n} = Q_n \end{cases}$$

где T – кинетическая энергия системы;

Q – обобщенная сила, соответствующая обобщенной координате.

Для неконсервативных систем, в которых часть энергии диссипируется (рассеивается), уравнение Лагранжа имеет вид:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial q_i} = Q_i,$$

где Φ – диссипативная функция (функция Релея), которая определяется по формуле $\Phi = \frac{1}{2} \beta \dot{q}_i^2$,

где β – коэффициент сопротивления демпфирования.

При решении задач динамики неголономных систем применяют уравнения Лагранжа с неопределенными множителями:

$$\sum_{i=1}^n \left[\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} - \sum_{\rho=0}^r \lambda_{\rho} A_{\rho i} - Q_i \right] \cdot \delta q_i = 0,$$

где A_i – функция только от q_1, q_2 и от t ,

λ_j – неопределенные множители Лагранжа.

Большое достоинство уравнений Лагранжа заключается в том, что при наличии идеальных и голономных связей в них не входят реакции связей. Если при решении задач динамики отсутствует ясный план применения тех или иных теорем, то следует остановиться на применении уравнений Лагранжа.

Вместе с тем уравнениями Лагранжа нецелесообразно пользоваться при наличии сил трения, зависящих от переменного давления.

Методы математического моделирования весьма разнообразны и каждый из них имеет свои недостатки и определенные достоинства, поэтому весьма трудно отдать предпочтение какому-либо из них.

За последние годы при аналитических исследованиях сельскохозяйственных агрегатов с помощью статистической динамики, возникает необходимость описания и оценки угловых и линейных оценочных параметров, характеризующих возмущающие и управляющие воздействия, приложенные к различным точкам агрегата. При этом возникает необходимость разработки динамических моделей почвообрабатывающих агрегатов, которая ставит задачу создания вероятностно-статистической математической модели или аппарата теории случайных процессов.

Для раскрытия внутренней структуры процессов необходимо проанализировать корреляционные функции и спектральные плотности, рассчитанных на основе экспериментальных данных.

Корреляционная функция $R_x(t_1, t_2)$ характеризует степень связи между значениями случайного процесса в различные моменты времени и определяется выражением:

$$R_x(t_1, t_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} [x_1(t) - m_x(t_1)] [x_2(t) - m_x(t_2)],$$

где x_1 и x_2 – значение ординат исследуемого процесса в момент времени t_1 и t_2

m_x – математическое ожидание.

Для эргодических стационарных случайных процессов выражение корреляционной функции получается усреднением по времени отдельных реализаций

$$R_x(t_1, t_2) = R_x(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \left[\int_0^T x(t) - m_x \right] [x(t+\tau) - m_x] \cdot dt.$$

На практике удобнее пользоваться нормированной корреляционной функцией:

$$\rho_x(\tau) = \frac{R_x(\tau)}{D_x} = \frac{R_x(\tau)}{R_x(0)},$$

где $D_x = R_x(0)$ – дисперсия процесса.

Корреляционная функция $R_x(\tau)$ и спектральная плотность $S_x(\omega)$ связаны косинус-преобразованием Фурье:

$$RX(\tau) = \int_0^{\infty} Sx(\omega) \cdot \cos \omega \tau d\omega;$$

$$Sx(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} Rx(\tau) \cdot \cos \omega \tau d\tau,$$

где $\omega = \frac{2\pi}{T}$ - круговая частота;

T – период колебаний.

При $\tau = 0, Rx(0) = Dx$ и тогда $Dx = \int_0^{\infty} Sx(\omega) \cdot d\omega$.

Нормированная спектральная плотность имеет вид:

$$\sigma x(\omega) = \frac{Sx(\omega)}{Dx},$$

где Dx - дисперсия случайной функции.

В связи с переходом из временной области в частотную она наглядно раскрывает внутреннюю структуру случайного процесса по частотному спектру.

Вычисление нормированной спектральной плотности $\sigma x(\omega)$ можно производить по полученной оценке $\rho(\tau)$ нормированной корреляционной функции процесса, которая аппроксимировалась выражением вида:

$$\rho x(\tau) = e^{-\alpha(\tau)} \cdot \cos \beta \tau,$$

где α – коэффициент, характеризующий интенсивность затухания корреляционной функции; β – коэффициент, характеризующий среднюю частоту периодических составляющих случайного процесса.

Или нормированная спектральная плотность определяется из выражения:

$$\sigma x(\omega) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \rho x(\tau) \cdot \cos \omega \tau d\tau.$$

Данные математические аппараты позволяют качественно охарактеризовать работу сельскохозяйственных агрегатов в динамике, решить задачу оценки и эффекта входных возмущающих воздействий – сопротивление среды, неровности поверхности поля и др., на выходные – глубину обработки почвы, глубину заделки семян, потери зерна при уборке, расход энергии и т.д.

Библиографический список

1. Ксенович И.П., Гоберман В.А., Гоберман А.А. Наземные тягово-транспортные системы. Энциклопедия. / Под ред. И.П.Ксеновича. – М.: Машиностроение, 2003. - 743с.
2. Лурье А.Б. Статистическая динамика сельскохозяйственных агрегатов. – Ленинград: Колос, 1970. - 375с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Физматгиз, 1962. – 364с.

Иванов С.А., Русинов А.В., Пиннекер А.Ю.

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ АГРЕГАТОВ НА БАЗЕ ТРАКТОРА ЛТЗ-155

В статье обоснована возможность достижения наилучших тягово-сцепных показателей трактора ЛТЗ-155 за счет использования догрузителя заднего моста в виде устройства для ввода жидких минеральных удобрений и проведена оценка его влияния на распределение массы трактора по осям.

Анализ машинотракторных агрегатов (МТА) применяемых в Саратовской области показал, что в основном в хозяйстве целесообразнее использовать в качестве базовой машины МТА трактора марки К-701, ЛТЗ-155, ДТ-75, Т-150К и МТЗ-80. Однако из-за большого удельного давления движителей на почву колесные энергонасыщенные трактора оказывают вредное воздействие на почву. С увеличением массы машин их, уплотняющее воздействие на почву становится глобальной проблемой и вызывает ежегодный унос 1,5 млрд.

т. почвы, недобор до 50 млн. т. зерна. Исследования [1], проведенные в ФГУ «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова», свидетельствуют, что в результате воздействия движителей на почву происходит потеря плодородного слоя, что приводит к снижению урожая зерновых культур на 20 %, и на 18 % повышает суммарный расход топлива вследствие высокой плотности.

Существующая технология выращивания сельскохозяйственных культур предполагает многократное воздействие ходовых устройств машинотракторных агрегатов на почву. По нашим наблюдениям, поле под озимой пшеницей подвергается минимум двукратному воздействию, а поля под пропашными культурами - четырехкратному. После такого воздействия прослеживается существенное изменение физико-механических свойств почвы, и, прежде всего ее плотности.

Проведенными опытами [1] установлено, что на закрытии влаги тракторы К-701 оставляют следы глубиной 11...13 см, а ДТ-75 - 5...6 см. При посеве зерновых глубина следов соответственно равна 8...10 см и 4...6 см. При этом твердость почвы по следам увеличилась для К-701 и ДТ-75 в 5 и 4 раза соответственно в сравнении с контролем (без уплотнения). Плотность возрастает с 1,2 до 1,4 г/см³ (К-701) и 1,3 г/см³ (ДТ-75).

Как видно, наряду с положительными моментами, использование МТА создает ряд экологических трудностей, с которыми нельзя не считаться, поскольку их накопление в последующие годы перерастает в экологическую проблему по сохранению главной ценности планеты - почвы.

Воздействие МТА на природную среду можно условно классифицировать по таким трем направлениям:

1. Технологические (непосредственные):

а) за счет статических и динамических нагрузок, создающихся во время работы машин, происходит уплотнение почвы до 1,5...1,8 г/см³;

б) снижение содержания гумуса и разрушение почвы при основной ее обработке и технологических операциях по производству сельскохозяйственной продукции;

в) вынос плодородной и внесение "мертвой" почвы на рабочих органах орудий и движителях машин, и сельскохозяйственной продукции за пределы поля.

2. Эксплуатационные (непосредственные):

а) загрязнение почв горюче-смазочными материалами (ГСМ), продуктами коррозии металлов при ремонтах и техническом обслуживании непосредственно в поле;

б) загрязнение воздушной среды выхлопными газами, содержащими угарный газ, токсины и ядовитые вещества;

в) ущерб флоре и фауне, связанный с эрозийными процессами почв ввиду снятия растительности, психологическим и физическим травмированием животных, птиц, насекомых.

3. Косвенные (опосредованные):

а) работа промышленности по выпуску тракторов с нарушениями по допустимым нормам выброса вредных веществ в атмосферу, отсутствие очистных сооружений;

б) добыча ископаемых для ГСМ и металлов приводят к нарушению экосистем и микроклиматов, рельефов.

Решение проблемы может быть осуществлено комплексным подходом и поиском оптимальных вариантов сочетания факторов, обеспечивающих снижение отрицательных явлений механизации земледелия по следующим направлениям:

- снижение кратности воздействия до минимума;
- использование комбинированных сельскохозяйственных агрегатов;
- конструирование и производство новых машин и их движителей;
- модернизация ходовых систем существующих машин.

Реализация данных мероприятий в значительной степени позволит сократить потери урожая, сохранить плодородие почв и способствовать нормализации экологической обстановки.

Ученые университета работают над всеми направлениями совершенствования сельскохозяйственных агрегатов и орудий. Однако в ходе проводимых экспериментов было установлено, что при выполнении большинства сельскохозяйственных операций в качестве базовой машины МТА используется колесный трактор, применение которого приводит к значительному недоиспользованию мощности установленного на нем двигателя. Это связано с плохими тягово-сцепными свойствами базовой машины. Это объясняется тем, что все используемые колесные трактора имеют неравнозначное распределение массы по осям. В связи с этим необходимо создание новых почвообрабатывающих агрегатов обеспечивающих равнозначное распределение массы базовой машины по осям.

Так на кафедре «Мелиоративные и строительные машины» была разработана конструкция посевного агрегата состоящего из трактора ЛТЗ-155, сеялочного агрегата и устройство для ввода жидких минеральных удобрений (рис. 1).

На базовом тракторе сзади устанавливается емкость (бак), в которой находятся жидкие минеральные удобрения. Данный бак установлен на специальной сварной раме, с возможностью перемещения с помощью гидроцилиндра по направляющим в направлении движения трактора. На баке установлен электрический насос для подачи минеральных удобрений в коллектор установленным на сеялочном агрегате. Коллектор включает трубопроводы, подкормочные трубки и распылители, соединительные рукава, манометр, отсечное устройство и детали крепления. Распылители расположены на тыльной поверхности сошника сеялки.

Применение агрегата для внесения минеральных удобрений позволяет равномерно распределить массу трактора по осям. Так у серийного трактора ЛТЗ-155 на переднюю ось приходится 3800 кг (63%), на заднюю 2230 кг (37%) при общей массе трактора 6030 кг. За счет использования дополнительной массы минеральных удобрений расположенной на задней оси мы добиваемся равномерного распределения общей массы трактора по осям.



Рис. 1. Общий вид посевного агрегата на базе трактора ЛТЗ-155

Однако необходимо отметить, что по мере движения трактора происходит внос минеральных удобрений и как следствие снижение массы бака. Для обеспечения равномерной массы по осям трактора, бак, установленный на раме, перемещается за счет гидроцилиндра по оси движения трактора в сторону прицепного агрегата. Это позволяет постоянно поддерживать равномерное распределение массы по осям. При этом трактор развивает максимальную мощность 115,2 кВт при наименьшем воздействии движителей на почву.

Так же было установлено, что трактор ЛТЗ-155 с посевным агрегатом, оборудованный устройством для внесения минеральных удобрений за счет рациональ-

ного распределения массы по осям и минимального числа проходов по одному следу, позволяет снизить напруги в почве по сравнению с серийным агрегатом 1,3 раза, деформацию почвы на 35 %, глубину колеи на 25,5 %, плотность на 9,2 % и твердость на 20,7 %. В конечном итоге это позволяет повышать окупаемость 1 кг минеральных удобрений; увеличить урожай сельскохозяйственных культур в 1,3—2 раза.

Библиографический список

1. Русинов А.В. Улучшение агротехнической проходимости энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов путем оптимизации параметров ходовой системы: Дис... на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2001. – 150с.

УДК 631.582

Слюсаренко В.В., Хабибов Ю.Р., Русинов А.В.
Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТЕРИЕВ СОХРАНЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ В ПРОЦЕССЕ ЕЕ ОБРАБОТКИ

В статье рассмотрена технология комбинированной обработки почвы, которая позволяет растениям равномерно использовать влагу в течение всего вегетационного периода и сохранять плодородие почвы.

Сельскохозяйственное производство – одна из важнейших отраслей промышленности нашей страны. Развитие сельского хозяйства основано не только на растениеводстве, но и на животноводстве. Усилиями многих людей в 70-90-х годах в области было создано хорошее сельскохозяйственное производство, но вследствие тяжелых экономических и природно-климатических условий производство валовой продукции с каждым годом снижается. Оставшиеся поля подвержены ветровой и водной эрозии, сильно задерживаются вследствие некачественной почвообработки, и как следствием этого является снижение плодородия почвы и урожаев, а так же высокие затраты дальнейшую почвообработку.

Применяемая в области отвальной почвообработка на глубину до 25 см снижает потенциальное плодородие почвы, а так же не позволяет в должной мере бороться с сорной растительностью, водной и ветровой эрозией. В связи с этим необходимо использование новой почвообработки.

При выборе приемов обработки почвы необходимо учитывать следующее:

- сравнительно продолжительное нахождение на одном и том же поле севооборота, в течение которого возможно лишь поверхностное механическое воздействие почвообрабатывающих орудий на почву;
- слабую сопротивляемость всходов сорным растениям;
- высокую потребность во влаге в верхних слоях почвы во время посева, а также в начальные периоды роста и развития растений.

Опираясь на вышеперечисленные условия, рассмотрим несколько способов почвообработки и их влияние на сохранение плодородия почвы.

При рассмотрении характера воздействия со стороны рабочих органов на почву считается естественным их почвоулучшающее действие. При установлении характера механического воздействия применительно к рабочему органу показателем оценки воздействия может служить допустимое содержание гумуса $H_{\min}$ рассматриваемой почвы, которое в среднем можно принять равным 2 %. В пересчете на 1 га это значение будет равно 30 т/га, которое и можно, принять за основу при агрономической оценке результата механического воздействия почвообрабатывающего рабочего органа.

Если обработка почвы будет вестись лемешно-отвальным рабочим органом, то независимо от конструктивных особенностей степень припахивания малоценной подпочвы можно оценить посредством нижеследующей зависимости

$$\xi_1 = \frac{a - h_{n1}}{h_2} - 1, \quad (1)$$

где a - глубина вспашки, м; h_r - мощность гумусового горизонта, м; h_{n1} - часть бесструктурной почвы горизонтально подрезаемого пласта, м (рис. 1), которая в процессе вспашки отслаивается и просыпается обратно на дно открытой борозды.

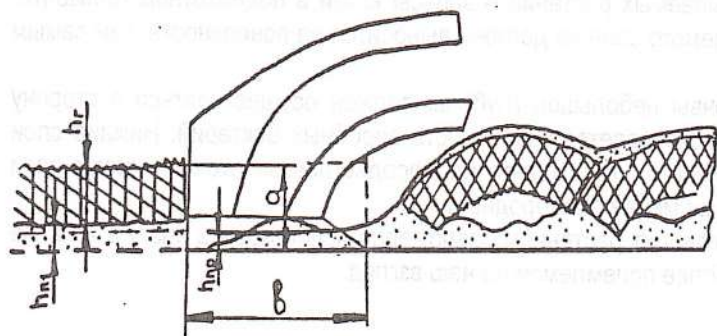


Рис. 1. Поперечный профиль борозды и основные ее геометрические параметры при обработке почвы пластинчато-отвальным корпусом плуга

Показатель h_{n1} определяется из зависимости

$$h_{n1} = \frac{h_{np}}{\kappa \left(1 - \frac{h_{np}}{a} \right) + 1}, \quad (2)$$

где h_{np} - средняя толщина на дне борозды, просыпанной сквозь прорезь в отвале малоплодородной почвы, м; κ - коэффициент, учитывающий отношение ширине подрезаемого пласта к глубине вспашки, $\kappa = b/a$.

При безотвальной вспашке показатель ξ_1 будет равен минус единице,

т.е. имеем почвоулучшающее воздействие, а при $h_r = (a - h_{n1})$; $\xi_1 = 0$ имеем пример почвоощадящего воздействия.

В формуле (1) имеется важный диагностический параметр h_r , величина которого легко определяется на типичных дерново-подзолистых почвах, так как между h_r и подгумусовым горизонтом имеется резкое разграничение. Для остальных типов почв границу можно установить, руководствуясь пределом $H_r = 2,0 \%$.

При обработке более тяжелых по механическому составу почв применяют вспашку с подпахотным рыхлением или же бесплахотное рыхление, рис. 2. Как в том, так и в другом способе обработки почвы могут иметь место случаи выноса рабочими органами на поверхность вспашки или в верхлежащие гумусовые слои бесструктурной почвы, рассчитываемые по формуле

$$\xi_2 = \frac{h_r}{h_2 - h_{n2}} - 1, \quad (3)$$

где h_{n2} - часть бесструктурной почвы и гумусового горизонта, перемешанных в результате обработки почвы рыхлительным рабочим органом.

Показатель h_{n2} в этом случае определяется исходя из допущений, что форма поперечного профиля следа рыхления подобна форме параболического сегмента. Таким образом, h_{n2} определяется из зависимости

$$h_{n2} = h_k \left(1 - \frac{h_r}{a_p} \right), \quad (4)$$

где a_p - общая глубина рыхления, м; h_k - толщина вытесненного на поверхность поля рыхлого слоя почвы, м.

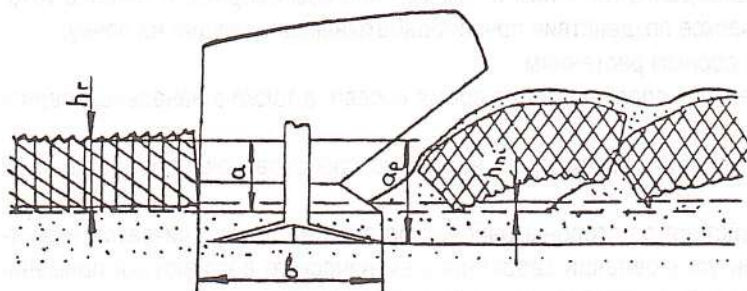


Рис. 2. Поперечный профиль борозды и следа подпахотного рыхления

вынесенного на поверхность неплодородной почвы. Исходя из этой толщины, по процентному содержанию гумусных фракций в почве рассчитываются запасы органического вещества после механического воздействия.

С точки зрения инженерной оценки достаточным будет определение соотношений между толщиной вынесенного на поверхность пашни бесструктурного слоя (подзола) и толщиной гумусового слоя (1).

Рассматривая критерии оценки степени сохранения плодородия почвы при почвообработке доказано, что агротехнология, сочетающая в себе отвальную обработку верхнего слоя почвы с последующим рыхлением нижних слоев, позволяет повысить плодородие почвы.

В связи с этим необходимо применять комбинацию глубокого рыхления подпахотного горизонта с одновременной поверхностной отвальной вспашкой, что обеспечивает концентрацию питательных веществ в зоне расположения корневой системы возделываемых растений и запасы влаги в подпахотном горизонте. Камни и щебень находящийся ниже корнеобитаемого слоя не должны выносятся на поверхность, тем самым не обеднять и без того бедные почвы.

Кроме того, оборот верхних слоев почвы небольшой глубины должен осуществляться в сторону склона, при этом снижается смыв почвы и обеспечивается сохранность аэробных бактерий. Нижние слои почвы не должны выносятся на дневную поверхность, что сохранит плодородие почвы, так как верхние слои плодородной почвы не будут обедняться нижними менее плодородными.

Данная технология обработки почвы позволит растениям равномерно использовать влагу в течение всего вегетационного периода, и является наиболее приемлемой на наш взгляд.

УДК 631.582

Слюсаренко В.В., Хабибов Ю.Р., Русинов А.В.
Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ВЛИЯНИЕ КОРНЕОБИТАЕМОГО СЛОЯ РАСТЕНИЙ НА ТЯГОВОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО АГРЕГАТА

В статье представлены выражения для определения тягового сопротивления почвообрабатывающего агрегата состоящего из отвального плуга и рыхлителя с учетом влияния геометрических параметров лемеха и рыхлителя, а так же физико-механических свойств почвы.

Рассматривая современные агротехнологии можно сделать вывод, что предпочтение отдается безотвальной обработке почвы. Несомненно, данная обработка почвы позволяет бороться с водной и ветровой эрозией. Однако при данной обработке почвы сорные растения, имеющие маленькую корневую систему, остаются невредимыми. Вследствие этого поля очень сильно задернованы. Бороться с этим можно либо с помощью химикатов, либо посредством отвальной обработки. Для более качественной обработки почвы необходимо комбинация в виде отвальной обработки на небольшую глубину с последующим рыхлением.

Однако при определении тягового сопротивления данного почвообрабатывающего агрегата необходимо учитывать дополнительные сопротивления, расходуемые на резание корневой системы растений и рыхления почвы.

Так тяговое сопротивление почвообрабатывающего агрегата состоящего из отвального плуга и рыхлителя является основным показателем, определяющим энергоёмкость процесса, определяется суммой сопротивлений

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5, \quad (1)$$

где F_1 – сопротивление подрезанию пласта почвы лезвием, Н; F_2 – сопротивление, возникающее на рабочей поверхности лемеха, Н; F_3 – сопротивление резанию корней, Н; F_4 – сопротивление, связанное с изменением скорости перемещения пласта, Н; F_5 – сопротивление, возникающее на рабочей поверхности рыхлителя, Н.

Сопротивление подрезанию пласта почвы лезвием лемеха определяется как произведение удельного сопротивления горизонтальному подрезанию почвы на ширину захвата рабочей части лезвия

$$F_1 = k b_n, \quad (2)$$

где k – удельное сопротивление почвы горизонтальному подрезанию на единицу ширины рабочей части лемеха, Н/см; b_n – рабочая ширина захвата лемеха, см.

Сопротивление F_2 , возникающее от веса пласта, определяется по формуле

$$F_2 = \frac{F_N \sin(\varphi_1 - \alpha_1)}{\cos \varphi_1}, \quad (3)$$

где F_N – нормальная составляющая от веса пласта, Н; α_1 – угол заглубления лемеха в почву, град.

Угол заглубления лемеха в почву определяем по зависимости

$$\alpha_1 = \arctg(\tg \alpha_d \sin \gamma_d), \quad (4)$$

где α_d – угол установки лемеха к дну борозды, град; γ_d – угол установки лемеха к направлению движения, град.

Значение силы F_N определяется из следующего выражения

$$F_N = S_n \frac{b_2}{\sin \gamma_d} q_n \cos \alpha_1, \quad (5)$$

где b_2 – средняя ширина лемеха, м; S_n – площадь поперечного сечения пласта, м²; q_n – объемная масса почвы, кг/м³.

Сопротивление F_3 резанию корней определяется зависимостью [1]

$$F_3 = \tau S_k, \quad (6)$$

где τ – удельное сопротивление резанию корней, Н/см²; S_k – поперечное сечение подрезаемых корней, см².

Величина усилия среза находится в прямой зависимости от толщины и влажности корня. Поэтому определяем зависимость силы F_3 от диаметра и влажности корней с помощью эмпирической формулы

$$F_3 = c_1 \sum_{i=1}^n d_{ki} - (eW - c)n, \quad (7)$$

где d_{ki} – сумма одновременно срезаемых корней, см; W – влажность корней, %; n – количество корней; c, c_1, e – эмпирические коэффициенты.

Определим сопротивление F_4 , связанное с изменением скорости движения пласта по рабочей поверхности, то есть когда происходит сжатие связанного пласта почвы и скорость пласта меньше скорости движения машины $v_n < v_m$. Для определения величины силы инерции воспользуемся результатами исследований Е.М. Мацепуро и И.В. Манюта [2]

$$F_4 = \frac{S_n q_n v_m \left(1 + \frac{1}{\eta}\right) \cos\left(\frac{\alpha_1}{2} + \varphi_1\right) \sin \alpha_1}{2 q_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1) \cos \varphi_1}. \quad (8)$$

Выражение

$$\varepsilon_1 = \frac{\left(1 + \frac{1}{\eta}\right) \cos\left(\frac{\alpha_1}{2} + \varphi_1\right) \sin \alpha_1}{2 q_1 \cos(\alpha_1 + \varphi_1) \cos \varphi_1}. \quad (9)$$

зависящее от условных параметров α, φ и η , а так же q , обозначим через ε_1 , тогда $F_4 = S_n q \varepsilon_1 v_m^2$ (10)

Для определения сил сопротивления резанию почвы рыхлительным рабочим органом используем положения теории прочности Кулона-Мора. Примем, что пласт почвы шириной b и толщиной h под действием долата разрушается сдвигом вдоль плоскости АВ, наклоненной под углом ψ (рис. 1). Силу N' , нормальную к плоскости АВ, разложим на две составляющие P_x и P_n , которые вызывают в почве соответствующие напряжения τ и σ . Используя уравнение Кулона-Мора [3], найдем предельные значения силы N' при разрушении пласта сдвигом и горизонтальную составляющую P_x сопротивления резанию:

$$N' = \frac{\tau_{np} b h \cos \varphi \cos \varphi_a}{\cos^2 \left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi_a}{2} \right)}, \quad (11)$$

$$P_x = K b h, \quad (12)$$

где τ_{np} — предельное напряжение почвы на сдвиг, Па; φ , φ_a — углы внешнего и внутреннего трения почвы, град; $K = \frac{\tau_{np} \cos \varphi_a \sin(\alpha + \varphi)}{\cos^2 \left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi_a}{2} \right)}$ — коэффициент пропорциональности (или удельное сопротивление резанию),

Н/м².

Расчеты сопротивления по уравнениям (11) и (12) показали, что расчетные значения усилий резания составляют 20—40% действительных величин, полученных в экспериментах. По данным А. Н. Зеленина [4], усилие на отделение элементов стружки — лишь один из компонентов полного усилия резания. Значительная доля усилия затрачивается на преодоление сопротивления почвы вдавливанию режущей кромки рабочего органа, которая имеет толщину 1 мм и более. При работе она еще больше возрастает из-за изнашивания, поэтому полное сопротивление резанию почвы клинообразным органом на глубине, меньшей критической, следует рассчитывать по формуле

$$F_s = \frac{\tau_{np} b h \cos \varphi_a \sin(\alpha + \varphi)}{\cos^2 \left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi_a}{2} \right)} + \Delta b \sigma_{сж} \varepsilon_{np}, \quad (13)$$

где Δb — толщина режущей кромки, м; $\sigma_{сж}$ — предельное напряжение сжатия почвы, Па; ε_{np} — предельная деформация сжатия почвы до момента появления опережающей трещины, м.

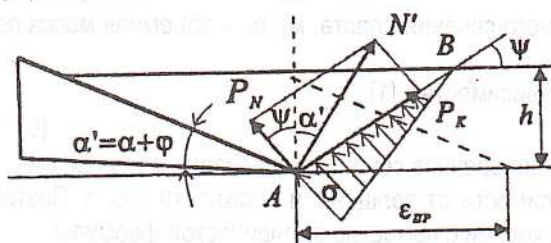


Рис. 1. Схема сил, действующих на пласт в момент разрушения

Производя расчеты при исходных данных $\tau_{np}=10-12$ кПа, $\sigma_{сж}=65-100$ кПа, $\alpha=20^\circ$, $\varphi=30^\circ$, $\varphi_a=40^\circ$, $b=0,2$ м, $h=0,7$ м, $\varepsilon_{np}=0,002$ м и $\Delta b=0,001-0,002$ м сопротивление одного рабочего органа при блокированном резании достигает 1,2-1,3 кН.

В конечном итоге тяговое сопротивление почвообрабатывающего агрегата состоящего из отвального плуга и рыхлителя определяется по следующей зависимости

$$F = k b_n + \frac{S_n b_2 q_n \sin(\alpha_1 - \varphi_1) \cos \alpha_1}{\cos \varphi_1 \sin \gamma_a} + c_1 \sum_{i=1}^n d_{\kappa_i} - (eW - c)n + \frac{\tau_{np} b h \cos \varphi_a \sin(\alpha + \varphi)}{\cos^2 \left(\frac{\alpha + \varphi + \varphi_a}{2} \right)} + \Delta b \sigma_{сж} \varepsilon_{np} + S_n q \varepsilon_1 v_m^2. \quad (14)$$

По полученному выражению можно определять тяговое сопротивление почвообрабатывающего агрегата состоящего из отвального плуга и рыхлителя. Уравнение наиболее учитывает факторы, влияющие на сопротивление лемеха и рыхлителя при пахоте, а именно геометрические параметры лемеха и рыхлителя, а так же параметры работы и физико-механические свойства почвы.

Библиографический список

1. Ганиев М.С. Технологические основы и обоснование параметров рабочих органов машин для уборки стеблей хлопчатника. — Ташкент: Фан, 1977. — С.64.
2. Мацепуро М.Е., Манюта И.В. Вопросы теории клина. // Вопросы земледельческой механики. — Т. II - Минск, 1959. — 64с.
3. Горячкин В.П. Теория резания: Собр. соч.: Т.1. — М.: Колос, 1965.
4. Зеленин А.Н. Основы разрушения грунтов механическими способами. — М.: Машиностроение, 1968

ВЛИЯНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ ТРАКТОРА ЛТЗ-155 ПО ОСЯМ

В статье обоснована возможность достижения наилучших тягово-сцепных показателей трактора ЛТЗ-155 за счет использования догрузителя заднего моста в виде устройства для ввода жидких минеральных удобрений и проведена оценка его влияния на распределение массы трактора по осям.

За последнее десятилетие в результате бессистемного ведения производства ухудшаются химические и физико-механические свойства почвы и процессы накопления плодородия. Пренебрежение достижениями сельскохозяйственной науки в конечном итоге приводит к тенденции ежегодного снижения урожая сельскохозяйственных культур.

Возделывание сельскохозяйственных культур сопровождается многократными проходами по обрабатываемому полю движителей тракторов и опорных колес машин. Техногенное воздействие движителей на почву оказывает не только уплотняющее, но и разрушающее изменение ее структуры.

Поэтому, применяя интенсивные технологии при возделывании сельскохозяйственных культур, следует вводить почвозащитные элементы. Сущность их в защите плодородия почвы от негативных воздействий техники.

Снизить негативное воздействие движителей машино-тракторных агрегатов (МТА) на почву можно с помощью трех способов: технологические и агротехнические мероприятия, конструкторские решения. Так как первые два способа борются в основном с последствием негативного воздействия, то нас как инженеров, в основном интересуют конструкторские решения. Условно их можно разделить на три пути: снижение давления в пятне контакта движителя с почвой; сокращение проходов по одному следу; распределение массы по осям.

На наш взгляд приоритетным направлением снижения негативного воздействия движителей МТА на почву является рациональное распределение массы трактора по осям. За счет данного распределения происходит не только снижения воздействия движителей МТА на почву, но и повышение их тягово-сцепных качеств. Исследования [1] показали, что после прохода МТА с рациональным распределением массы по осям происходит снижение глубины следа, а, следовательно, сопротивления передвижению агрегата. Кроме этого происходит догрузка заднего ведущего моста (трактор К-701, ЛТЗ-155, РТМ-160) приводящая к повышению тягово-сцепных качеств, и как следствие увеличения крюковой силы.

Помимо вышеизложенного большой эффект по снижению негативного воздействия движителей МТА на почву является применение комбинированных агрегатов способных производить несколько операций по почвообработке за один проход. Но современные выпускаемые комбинированные агрегаты крайне нецелесообразно используют тягово-сцепные качества базового трактора. В связи с этим необходима разработка новых или модернизация выпускаемых почвообрабатывающих агрегатов.

С целью достижения наилучших тягово-сцепных показателей рекомендуется устанавливать на базовый трактор комбинированного агрегата догрузитель заднего моста в виде устройства для ввода жидких минеральных удобрений. Как правило, емкость для ввода жидких минеральных удобрений устанавливается на задний мост с возможностью перемещения в сторону прицепной почвообрабатывающей машины по линии движения трактора.

Тогда за счет массы воды с растворенными в ней минеральными удобрениями будет происходить загрузка задней оси, что приведет к повышению тягово-сцепных свойств трактора. Во время культивации с внесением минеральных удобрений происходит расход минеральных удобрений (аммофоса – 0,25 ц/га, аммиачной селитры – 0,30 ц/га) при этом ширина захвата составляет 5,4 м. Расход минеральных удобрений снижает вес бочки, и равномерное распределение веса по осям трактора нарушается. Для сохранения распределения веса по осям равнозначным необходимо перемещать бочку, что заложено в ее конструкции. Рассмотрим данный процесс более подробно.

На трактор, оборудованный устройством для ввода жидких минеральных удобрений, во время передвижения по полю будут действовать следующие силы (рис. 1):

- активные силы: G – вес трактора, H ; $G_{ж}$ – вес жидких минеральных удобрений, H ; $R_{кр}$ – сила тяги на крюке, H ; $F_{т}$ и $F_{з}$ – сопротивление передвижению трактора, H .
- реактивные силы: R_n и R_3 – реакции по колесам соответственно передней и задней осей.

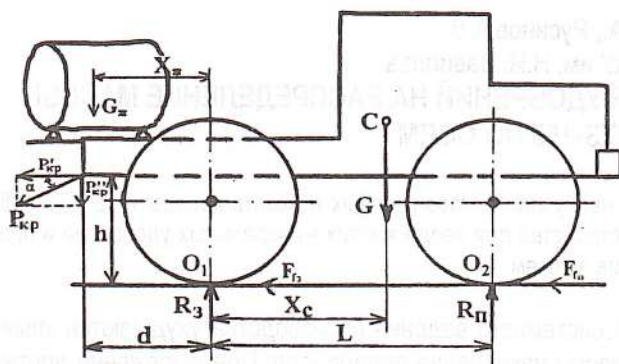


Рис. 1. Схема сил действующих на трактор, оборудованный устройством для ввода жидких минеральных удобрений

Далее рассматривая уравнения моментов создаваемых силами относительно точек O_1 и O_2 определим реакции под опорными колесами соответствующих осей:

$$\sum M_{O1}=0 \quad R_n L + G_{ж} X_{ж} - G X_c + P''_{кр} d + P'_{кр} h = 0; \quad (3)$$

$$\sum M_{O2}=0 \quad R_3 L - G_{ж} (X_{ж} + L) - G (L - X_c) - P''_{кр} (d + L) - P'_{кр} h = 0, \quad (4)$$

где L – база трактора, м; $X_{ж}$, X_c , d и h – плечи действия соответствующих сил, м.

Выразив из уравнений (3) и (4) реакции под опорными колесами и приравняв их на основании равномерности распределения веса трактора по осям, получим:

$$G_{ж} X_{ж} - G X_c + P''_{кр} d + P'_{кр} h = -G_{ж} (X_{ж} + L) - G (L - X_c) - P''_{кр} (d + L) - P'_{кр} h. \quad (5)$$

Решив данное уравнение, получим:

$$G_{ж} = \frac{G(2X_c - L) - 2P'_{кр} h - P''_{кр}(2d + L)}{2X_{ж} + L}. \quad (6)$$

Подставляя в полученную зависимость (6) уравнения (1) и (2), получим

$$G_{ж} = \frac{G(2X_c - L) - P_{кр} [2h \cos \alpha + \sin \alpha (2d + L)]}{2X_{ж} + L}. \quad (7)$$

Задаваясь конструкционным параметром $X_{ж}$ можно определить вес жидких минеральных удобрений необходимых для обеспечения равенства массы на передней и задней осях трактора. Так, например, для трактора ЛТЗ-155 распределение массы по осям составило: на переднюю ось 4300 кг, на заднюю 2560 кг при общей массе трактора 6860 кг. Расстояние между осями равно $L=2775$ мм, а крюковое усилие $P_{кр}=21$ кН. Тогда используя зависимость (7) можно рассчитать необходимый вес минеральных удобрений и место их расположения (рис. 2).

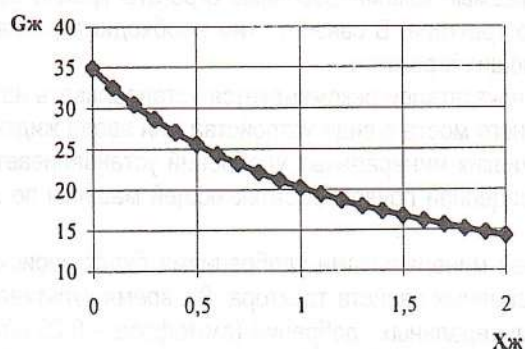


Рис. 2. Изменение веса жидких минеральных удобрений $G_{ж}$ от расстояния $X_{ж}$ при равенстве веса между осями

Испытаниями установлено, серийный трактор развивал максимальную тяговую мощность 86,9 кВт на 3-4 передаче при тяговом усилии 21 кН, скорости движения 14,9 км/ч и буксовании 8,4%, тогда как трактор оборудованный устройством для ввода удобрений развивал максимальную тяговую мощность 86,9 кВт на 3-4 передачи при тяговом усилии 24,4 кН, скорости движения 14,8 км/ч и буксовании 6,1%.

Исследования Русинова А.В. [1] доказали, что рациональная нагрузка, приходящаяся на ось энергонасыщенного трактора составляет 50% от общей массы. Зная это необходимо определить необходимый вес минеральных удобрений и место их расположения, то есть расстояние $X_{ж}$.

Для начала расчетов необходимо крюковое усилие $P_{кр}$, действующее на трактор под углом α к горизонту, разложим на две составляющие силы $P'_{кр}$ и $P''_{кр}$.

$$P'_{кр} = P_{кр} \cos \alpha. \quad (1)$$

$$P''_{кр} = P_{кр} \sin \alpha. \quad (2)$$

Для подтверждения суждений о повышении тягово-цепных свойств трактора с равномерным распределением массы по осям были проведены тяговые испытания серийного и оборудованного устройством для внесения удобрений тракторами ЛТЗ-155.

Тяговые испытания трактора ЛТЗ-155 проведены с помощью тяговой лаборатории, смонтированной на базе трактора К-701 и гидротормоза марки D4. Определяемые параметры фиксировались на информационно-измерительной системе ЭМА-П, установленной на испытываемом тракторе. Испытания проводились на стерновом фоне при условиях, соответствующих требованиям ГОСТ. Обработка данных велась по ГОСТ 30745 и ГОСТ 27021.

1. Русинов А.В. Улучшение агротехнической проходимости энергонасыщенных сельскохозяйственных тракторов путем оптимизации параметров ходовой системы: Дисс... на соискание учен. степени канд. техн. наук. – Саратов, 2001. – 162с.

УДК 631.347: 621.643.29

Слюсаренко В.В., Хабибов С.Р., Русинов А.В.

Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В статье установлены факторы, оказывающие влияние на долговечность и надежность работы дождевальных машин и определены комплексные показатели надежности.

Анализ литературных источников показал, что решение вопросов долговечности и надежности в общем случае является одной из сложных и трудных задач теории и практики. Сложность и трудность этой задачи обусловлены влиянием на надежность дождевальных машин весьма многочисленных и разнообразных факторов, учет которых в большинстве случаев бывает затруднен. Определив надежность как способность машины (или узла) работать безотказно в течение требуемого интервала времени при определенных условиях эксплуатации, необходимо признать, что она зависит от качества проектирования, изготовления и условий эксплуатации. При этом условия эксплуатации играют весьма ответственную роль.

Проблема увеличения долговечности и надежности машин заключается в установлении факторов, влияющих на надежность, выявлении важнейших из них и разработке мер контроля их влияния. Причем факторы, характеризующие реальные условия эксплуатации и оказывающие влияние на надежность дождевальных машин, можно разделить на объективные и субъективные (рис.1).

К объективным факторам можно отнести воздействие окружающей среды, эксплуатационные режимы, механические и другие внешние воздействия, старение, износ, динамические нагрузки от исполнительных механизмов и др. Воздействие окружающей среды отрицательно влияет на надежность дождевальной техники, так как цикличность эксплуатации в сочетании с температурными перепадами в различных условиях влажности способствуют ускоренному старению металлического оборудования.

К субъективным факторам относятся такие, которые в той или иной мере зависят от деятельности человека. Их можно разделить на проектные (выбор схемы и конструктивного решения при проектировании), производственные (выбор элементов, входящих в рассматриваемую техническую систему и материалов) и эксплуатационные (выбор режимов нормальной эксплуатации; организация технического обслуживания и др.).

Особое и решающее влияние на надежность дождевальных машин оказывают эксплуатационные факторы. Только в процессе эксплуатации выявляется степень надежности машины. Таким образом, вероятность нормального функционирования в процессе эксплуатации является одним из наиболее полных количественных характеристик, оценивающих надежность, как со стороны безотказности, так и восстанавливаемости. Эта вероятность и определяет фактический уровень надежности, зависящий от влияния двух противоположно направленных результирующих факторов.

Зависимость надежности дождевальных машин от многочисленных и разнообразных факторов приводит к тому, что процесс появления отказов, а также других характеристик надежности по своей физической природе носит случайный стохастический характер. Ввиду этого для количественной оценки надежности основных узлов дождевальных машин необходимо использовать критерии и показатели, базирующиеся на статистическом материале, а для получения этих критериев и показателей применять методы теории вероятностей и математической статистики.

Показатели надежности количественно характеризуют, в какой степени конкретному объекту присущи определенные свойства, обуславливающие его надежность. Они бывают размерные – наработка на отказ, и безразмерные – вероятность безотказной работы. Кроме того, различают единичные и комплексные показатели. К единичным относятся:

- вероятность безотказной работы, т.е. вероятность того, что в пределах заданной наработки (t) отказ объекта не возникнет:

$$P(t) = 1 - F(t) \quad (1)$$

где $F(t)$ - функция распределения наработки до отказа.

- средняя наработка до отказа – математическое ожидание наработки объекта до первого отказа:

$$T_c = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} t dF(t) = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt, \quad (2)$$

где T_c – средняя наработка до отказа (средний ресурс, средний срок службы); $F(t)$ – функция распределения наработки до отказа (ресурса, срока службы); $f(t)$ – плотность распределения наработки до отказа.

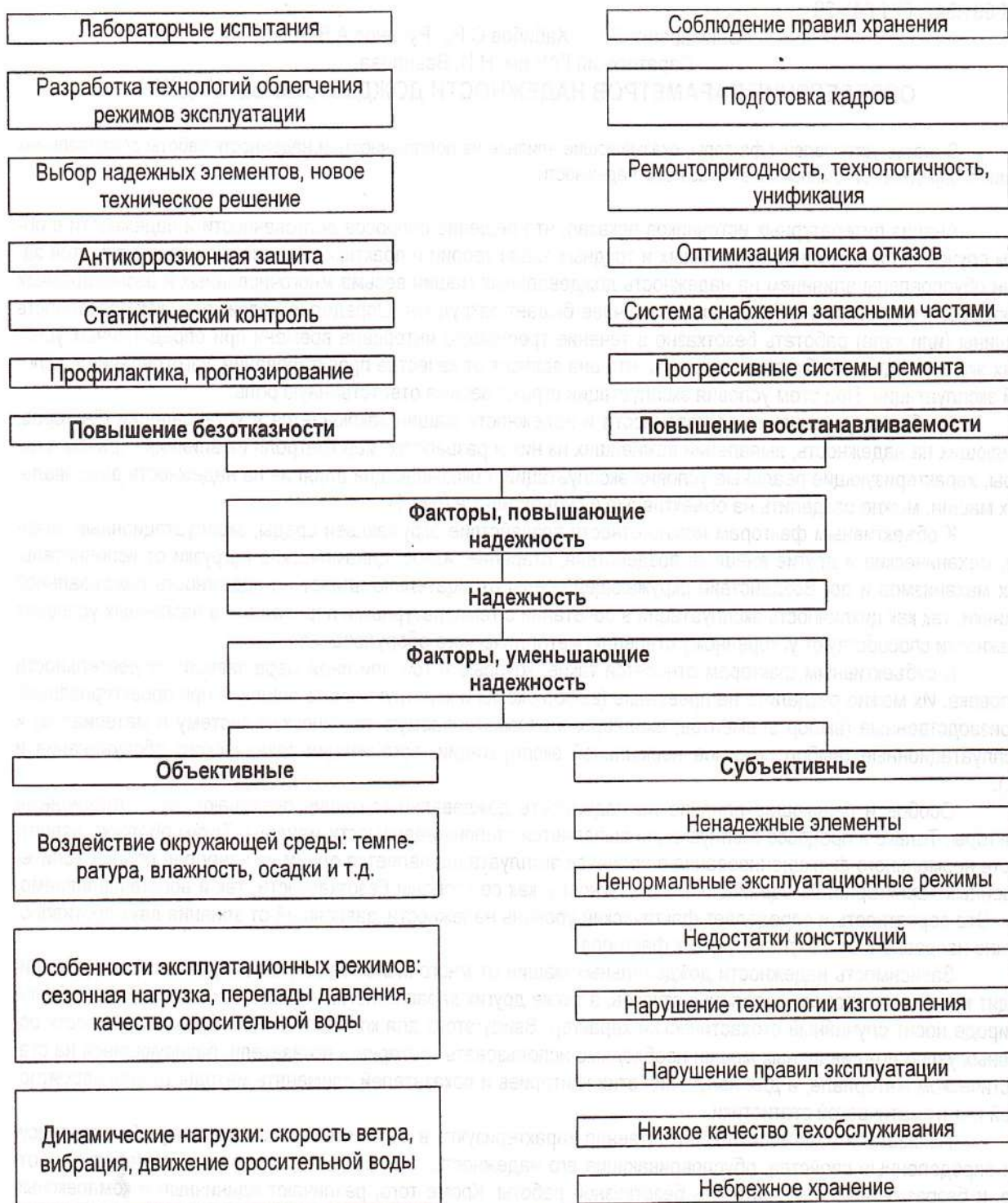


Рис.1. Факторы, влияющие на надежность дождевальных машин

- гамма процентная наработка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью (γ), выраженной в процентах:

$$1 - F(t_\gamma) = 1 - \int_0^{t_\gamma} f(t) dt = \frac{\gamma}{100}, \quad (3)$$

где t_γ - гамма процентная наработка до отказа (гамма %-й ресурс или гамма %-й срок службы).

- интенсивность отказов – условная плотность вероятности возникновения отказа невозстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник, т.е.:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)} = \frac{1}{P(t)} \cdot \frac{dP(t)}{dt} = \frac{1}{1-F(t)} \cdot \frac{dF(t)}{dt}, \quad (4)$$

Комплексные показатели надежности количественно характеризуют не менее двух ее основных составляющих, например, безотказность и ремонтпригодность. Примерами комплексных показателей надежности является коэффициент готовности и коэффициент оперативной готовности.

- коэффициент готовности – вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которого применение объекта по назначению не предусматривается. Для стационарных потоков отказов:

$$K_z = \frac{T_c}{T_c + t_{\theta}}; \quad (5)$$

где T_c – средняя наработка на отказ; t_{θ} – среднее время восстановления.

- коэффициент оперативной готовности - вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которого применение объекта не предусматривается и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени. При произвольном законе времени распределения безотказной работы и времени восстановления коэффициент оперативной готовности определяется по зависимости:

$$K_z(t_0) = \frac{K_z}{T_c} \int_{t_0}^{\infty} [1 - F(t)] dt = \frac{1}{T_c + t_{\theta} t_0} \int_{t_0}^{\infty} P(t) dt. \quad (6)$$

Для случая $t_0 \ll T_c$ и $t_{\theta} \ll T$ можно использовать выражение:

$$K_z(t_0) \approx 1 - \frac{t_0 + t_{\theta}}{T_c}, \quad (7)$$

где t_0 – время безотказной работы объекта.

Выбор показателей надежности зависит от выбора элементов (восстанавливаемый, восстанавливаемый), стоимости, его значения в системе.

Таким образом, в современных условиях наблюдается резкое снижение количества используемой поливной техники. Прогноз убывания количества поливной техники с нормативным сроком службы показывает, что если наблюдаемые тенденции останутся неизменными, то орошение в области может перейти из массового в мелкоочаговое.

В связи с этим вопросы надежности имеющихся дождевальных машин являются первостепенными, прежде всего, для определения максимально возможного технического ресурса, исходя из физического износа.

УДК 631:347

Слюсаренко В.В., Журавлева Л.А.

Саратовский ГАУ им. Вавилова Н.И.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ШИРОКОЗАХВАТНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН И ПУТИ ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

В статье рассмотрены технологические особенности работы широкозахватных дождевальных машин и определены пути их совершенствования.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, все работы ведутся над созданием таких дождевальных машин, которые соответствовали бы требованиям любого фермерского хозяйства, поля, поливного участка. Необходимая длина трубопровода, расход, интенсивность дождя и другие параметры определяются в зависимости от почвы, сельскохозяйственной культуры, рельефа, природно-климатических и других условий, в которых будет работать эта машина. При этом изменяется диаметр труб водопроводящего пояса, материал, тип ходовых систем, расстояние между опорными тележками, применяются различные типы и схемы расстановки дождевателей и др.

Данные отечественных и зарубежных исследований по оптимизации параметров, расширению зон применения широкозахватных фронтальных дождевальных машин практически отсутствуют, а имеющиеся обрывочные результаты по отдельным маркам дождевальных машин не могут использоваться в достаточной мере, вследствие несопоставимости между собой, а также вследствие недостаточной связи с почвенно-рельефными характеристиками орошаемых земель (несущей способностью, водопроницаемостью, уклоном), являющихся одними из главных в изучении системы «дождь - поверхность орошения - дождевальная машина» (рис. 1).

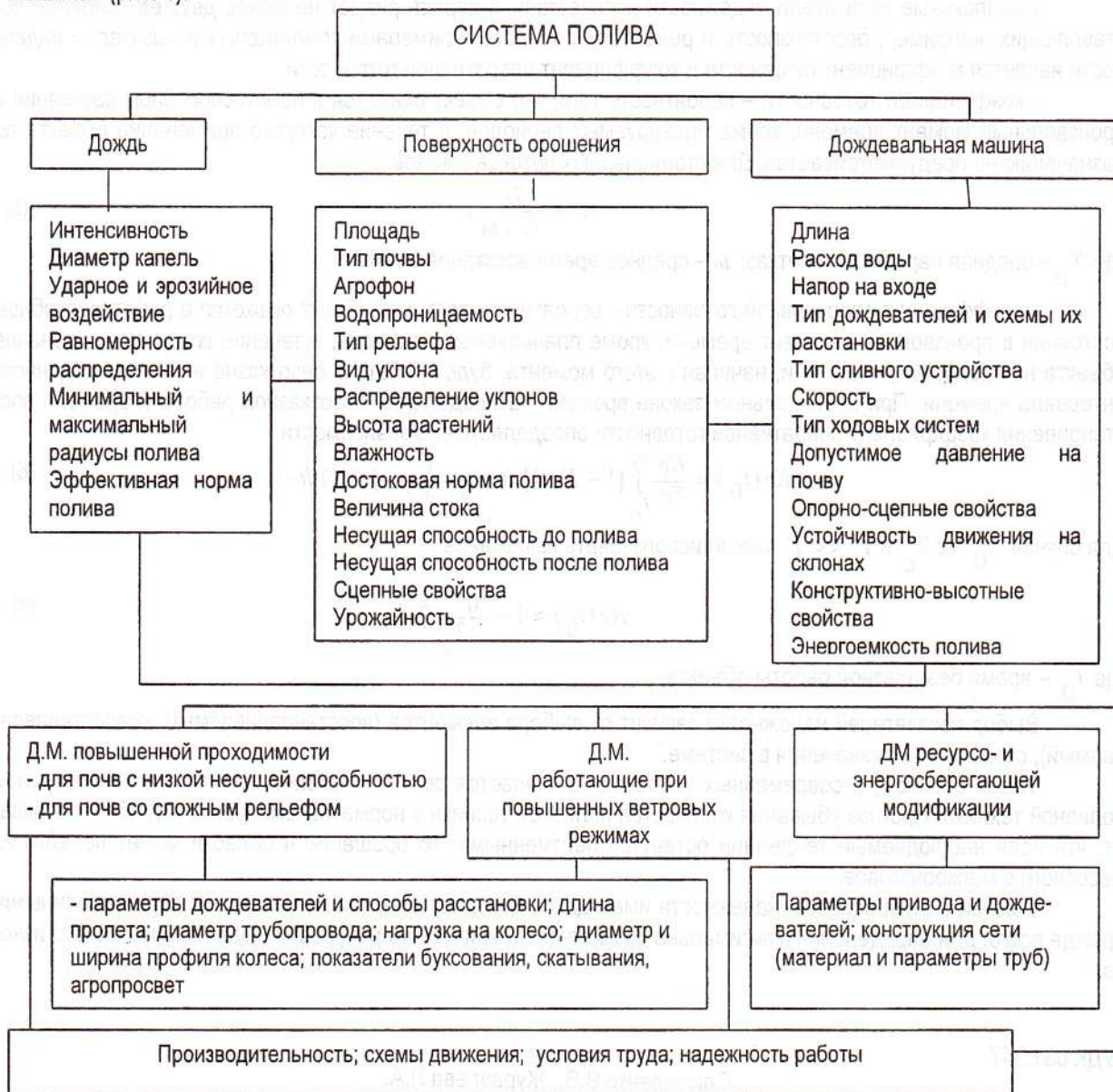


Рис. 1. Схема взаимосвязи показателей системы

В настоящее время в связи со значительным разнообразием условий эксплуатации дождевальных машин, вопросы совершенствования их стали еще более актуальными.

Многоопорные дождевальные машины, в сравнении с другой сельскохозяйственной техникой, имеют более сложные условия эксплуатации и, в частности, по проходимости, исходя из пониженной несущей способности увлажняемых почв, больших длин дождевателей и орошаемых площадей, широким диапазоном изменения прочностных и рельефных характеристик.

Одной из важнейших задач является повышение проходимости дождевальных машин, которая при этом существенно отличается от таковой для автотракторных средств.

Автомобили и тракторы, зачастую, работают на почвах повышенной прочности со сравнительно высокими скоростями, обеспечивающими реализацию наката. Они обладают хорошей мобильностью и маневренностью при преодолении труднопроходимых по прочности почвы и рельефу участков поля.

Многоопорные широкозахватные дождевальные машины – это самоходные полустационарные средства, практически работающие весь свой срок службы на одном участке и многократно передвигающиеся все это время по одним траекториям со сравнительно малыми скоростями качения.

Еще одна особенность работы многоопорных дождевальных машин заключается в разнице по проходимости и сцепным качествам всех одновременно взаимодействующих с почвой движителей самоходных тележек, особенно при орошении площадей со сложным рельефом или при повышенном ветровом режиме. Эта особенность приводит к значительным искривлениям машин, возникновению динамических нагрузок при их скатывании и в целом ведет к снижению надежности оросительных систем.

В случае с широкозахватными дождевальными машинами также имеют большое значение параметры колеи, оставляемой после прохода опорных тележек, поскольку эти факторы влияют на качество водораспределения, урожайность сельскохозяйственных культур и условия работы других сельскохозяйственных агрегатов.

При рассмотрении вопросов уменьшения колееобразования и повышения сцепных свойств движителей дождевальных машин первостепенным является оценка влияния режимов полива на изменение показателей почвы орошаемых земель. Режим полива, в свою очередь, определяется величинами эффективных и досточковых поливных норм, стока, параметрами качества дождя: равномерностью распределения, интенсивностью, диаметром капель, удельной мощностью, зависящими от конструкций дождеобразующих устройств и схем их расстановок.

Уменьшение колееобразования, оптимизация режима орошения обеспечивают снижение энергоемкости полива.

Основными показателями физических свойств почвы, определяющими ее несущие свойства, а, в конечном счете, опорные и тягово-сцепные свойства машин, является механический состав, удельный и объемный вес, водопроницаемость и влажность.

Из всех перечисленных показателей наиболее сильное влияние на изменение прочностных показателей почвы имеет влажность, которая для условий работы дождевальных машин имеет первостепенное значение. При увеличении влажности от 20 до 30% сопротивление сжатию и сдвигу уменьшается в 3-4 раза. Ухудшение прочностных свойств почвы при увеличении влажности вызывает возрастание буксования колес и приводит к возрастанию потерь на перекатывание.

Деформация переувлажненных почв, характерная для процесса орошения, носит неоднозначный характер, объясняющийся тем, что почвы текучей консистенции склонны к расслоению, в результате чего с виду относительно однородная почвенная масса имеет непостоянный объемный вес по глубине. Уменьшение или увеличение несущих свойств почвы вызывает соответствующее изменение ее сцепных качеств.

Интенсивность колееобразования и снижения сцепных свойств ходовых систем еще в большей степени увеличивается при наличии в зоне движения тележек машины, не впитавшейся воды, вызывающей образование стока по колеям ее ходовых систем.

Для повышения качества дождя и снижения энергоемкости процесса полива разрабатывались различные типы дождевателей и схемы их расстановки. При этом большинство работ по оптимизации широкозахватных машин были направлены на повышение качественных характеристик дождя, его распределения и обеспечения энергосберегающих технологий полива в конкретных условиях, не учитывая влияния качества полива на механические показатели прочности почвы, являющиеся базовыми характеристиками и определяющие тип ходовых систем и в целом конструктивно-компоновочные параметры машин.

Решение поставленных проблем, обуславливающих эффективное использование широкозахватных фронтальных дождевальных машин должно осуществляться посредством оптимизации показателей системы «дождь-поверхность орошения - дождевальная машина».

Первостепенное значение в этой системе должно быть уделено разработке в зависимости от почвенно-рельефных характеристик орошаемой поверхности и ветровых режимов энерго- водосберегающих и почвозащитных дождевателей и схем их расстановки, характеризуемых структурой дождя, равномерностью его распределения, минимальным и максимальным радиусами полива.

На основе типовых режимов орошения, расхода воды и качества полива оптимизированными дождевателями базовых модификаций дождевальных машин для соответствующих типов почв, агрофонов и ветровых режимов должен быть оценен процесс инфильтрации (досточковые нормы полива, величина стока) и его влияние на изменение несущих и сдвиговых характеристик почвенной поверхности.

Зависимости показателей прочности почвы от режима и качества полива позволят оптимизировать значения допускаемого на нее давления ходовых систем дождевальных машин, их опорно-сцепные и

энергетические показатели, конструктивно-высотные свойства с оценкой устойчивости движения тележек при их буксовании и скатывании и искривлении.

В итоге это позволит разработать и создать следующие модификации широкозахватных фронтальных дождевальных машин обеспечивающих в различных условиях эксплуатации экологически-безопасные и энергосберегающие технологии полива:

- фронтальные широкозахватные дождевальные машины повышенной проходимости для работы на почвах с низкой несущей способностью или для работы на участках со сложным рельефом;
- дождевальные машины энерго- и ресурсосберегающих модификаций (с возможностью применения на оросительных системах менее дефицитных пластиковых труб и неэнергоёмких ходовых систем, дождевателей и схем их расстановки);
- дождевальные машины для работы при повышенных ветровых режимах.

УДК. 532.57

Переверзов В.Д. Шубин Б.Д. Переверзов В.В.

СПОСОБЫ ИЗМЕРЕНИЯ МАССОВОГО РАСХОДА ЖИДКОСТИ

Рассмотрены актуальные вопросы построения датчиков массового расхода жидкости. Дан анализ существующих способов измерения массового расхода. Предложен способ и схема реализации массового расходомера основанного на модуляции потока типа «прерывание» или «гидравлический таран».

Процесс оптимального функционирования технических систем (ТС) предполагает измерение и контроль физических параметров выполняемого технологического процесса, и оптимальное управление параметрами системы по выбранным критериям. Обобщенным и часто встречающимся критерием является минимизация удельного расхода топлива $g_{ет}$ на единицу выполняемой работы или произведенной продукции Π :

$$g_{ет} = G/\Pi,$$

где: Π - производительность за час основного времени функционирования ТС; g - часовой расход топлива за час основного времени, кг.

При управлении ТС в реальном масштабе времени по указанному критерию необходимо знать мгновенные значения этих параметров. В дальнейшем будут рассмотрены принципы построения массовых расходомеров, так как масса топлива и его теплотворная способность однозначно отражает потребляемую ТС энергию.

Все расходомеры можно разделить по способу измерения на расходомеры, реализующие прямые измерения и расходомеры, реализующие косвенные измерения. Расходомеры, реализующие прямые измерения, непосредственно измеряют время расходования эталонной навески топлива или вес израсходованного топлива за эталонный промежуток времени. Расходомеры прямого способа измерения реализуют интегральный алгоритм:

$$G = \frac{\int_0^{T_0} g(t) \cdot 3600}{T_0}, \quad (1)$$

где T_0 - эталонный интервал времени, с;

$\int_0^{T_0} g(t)$ - вес топлива израсходованного за время T_0 , кг;

$g(t)$ - текущий или мгновенный расход.

$$T \equiv \text{Sign}\left\{G_0 - \int_0^T g(t) dt\right\} > 0, \quad (2)$$

$$G = \frac{G_0 \cdot 3600}{T};$$

где T - время расходования эталонной навески G_0 топлива, с; G_0 - эталонной навески топлива, кг.

Расходомеры, построенные по приведенным алгоритмам, сложны и не измеряют мгновенный расход $g(t)$, который необходим при выработке управляющих воздействий для реализации оптимального функционирования ТС. Они также не применимы при измерениях в реальных условиях эксплуатации сельхозмашин.

Расходомеры, реализующие косвенные измерения, непосредственно измеряют физическую величину функционально связанную с определяемым параметром. Для выбора оптимального алгоритма работы такого расходомера сформулируем основные требования к его конструкции. Основными критериями выбора способа измерения могут быть:

- 1) получение максимально возможной энергии на этапе первичного преобразования физической величины в электрический сигнал;
- 2) получение максимально возможного отношения энергий сигнал/шум, т.е. максимальная инвариантность передаточной функции первичного преобразования к неинформационным физическим величинам;
- 3) линейная градуировочная характеристика;
- 4) простота технической реализации конструкции расходомера.

В общем случае массовый расход жидкости определяется выражением

$$Q = \rho_{ж} V,$$

где $\rho_{ж}$ – удельный вес жидкости, кг/м³; V – скорость движения потока жидкости, м/с.

Информационные параметры потока жидкости и основные физические явления, положенные в основу построения первичных преобразователей расхода реализующие косвенные измерения:

- разность давления жидкости на стенки трубопровода при криволинейном движении за счет действия центробежных сил на элементарную массу [1];
- разность давления жидкости на сужающих устройствах за счет перераспределения энергии между потенциальной и кинетической;
- смещение свободной части консольно закрепленного колеблющегося трубопровода, при движении по нему жидкости, за счет сил Кориолиса;
- изменение давления жидкости при модуляции ее потока типа «гидравлический таран».

Для поиска подходящего способа преобразования приведем значение требуемой чувствительности первичного преобразователя для решения задач эксплуатации мобильных сельскохозяйственных агрегатов с тракторами класса 1,4 и выше. Ввиду того, что оптимальный режим эксплуатации трактора находится в пределах выше 0,95Ne, то за минимальный измеряемый расход топлива можно принять 10 кг/ч, что соответствует скорости $V_{\min} = 5,6$ м/с измеряемого потока топлива через трубопровод сечением 0,5 см² ($d \approx 8$ мм).

В первом варианте построения первичного преобразователя расхода зависимость перепада давления h от расхода Q имеет вид [1]

$$h \sim \gamma Q^2/d^3 R,$$

где γ – плотность измеряемой жидкости; d – диаметр трубопровода петли; R – средний радиус петли.

Если выразить h в мм измеряемой жидкости, Q в л/ч, а R и d в м, то для идеальной жидкости $h = 1,28 \cdot 10^{-11} Q^2/d^3 R$. Тарировка расходомерной петли [1] с радиусом $R = 0,027$ м и диаметром $d = 0,009$ м точное значение этого коэффициента равно $0,96 \cdot 10^{-11}$.

Для расхода $Q = 10$ л/ч получим значение $h < 1$ мм водяного столба. Таким образом, квадратичная зависимость h от Q и очень низкая чувствительность делают невозможным применение этого способа получения измерительной информации.

В случае использования способа измерения расхода по разности давления жидкости на сужающем устройстве передаточная функция имеет вид [3]

$$\Delta p = 1/2 \gamma (Q/\alpha \varepsilon F_0)^2,$$

где α , ε и F_0 – коэффициент расхода, поправочный коэффициент и площадь отверстия сужающего устройства.

Энергия, которую можно использовать от потока жидкости для образования измерительного сигнала того же порядка, как и в предыдущем случае, поэтому как наиболее изученный и освоенный способ измерения расхода он применяется на трубопроводах диаметром $D \geq 50$ мм.

Для повышения чувствительности и помехоустойчивости в измерительной технике часто применяют «модуляцию сигнала». Модуляция в широком смысле слова подразумевает – изменение параметра некоторого физического процесса (переносчика информации) в соответствии с текущим значением передаваемого сигнала (модулирующего сигнала). В технике построения первичных преобразователей сигнала – датчиков применяют как модуляцию параметров измеряемого физического процесса, так и модуляцию параметров полученного электрического сигнала.

Третий и четвертый варианты построения первичных преобразователей массового расхода жидкости предполагают применение модуляции параметров измеряемого физического процесса с целью увеличения чувствительности преобразователя к измеряемому параметру.

Построение датчика на проявлении сил (ускорений) Кориолиса основано на модуляции потока путем возбуждения вынужденных гармонических колебаний в U-образном консольнозащемленном трубопроводе, по которому течет измеряемый поток жидкости. При течении жидкости от «защемления к перегибу» трубопровода она тормозит колебания свободного конца прямой части консоли, при движении ее от «перегиба к защемлению» амплитуда колебаний консоли увеличивается. Таким образом, если сравнивать гармонические колебания двух ветвей (консолей) U-образной трубки то, при отсутствии расхода (движения) жидкости фазы их колебаний совпадут, а при увеличении скорости движения жидкости разность фаз будет увеличиваться. Разность фаз также прямопропорционально зависит от удельного веса жидкости. На описанном принципе разработаны и серийно выпускаются фирмой EMERSON массовые и объемные расходомеры Micro Motion серии F и серии ELITE, достижимый класс точности $\pm 0,10\%$ при расходах 0 – 82 кг/ч и выше. Указанные расходомеры технологически сложны в изготовлении и дорогостоящи, поэтому нашли применение в самолетостроении и энергетике в системах автоматического регулирования и управления.

Авторами предложен способ модуляции потока жидкости «гидравлический таран» путем его «прерывания», название способа модуляции взято от одноименного явления в гидродинамике ламинарного потока несжимаемой жидкости описываемого частным случаем уравнения Бернулли.

Схема реализации предложенного способа приведена на рис.1. Для выполнения условий инвариантности к статическому давлению измеряемого потока жидкости применена двухканальная схема с дифференциальным датчиком давления. Модель мембранного дифференциального датчика давления представлена так же на рисунке 1 в виде поршня массой «m» связанного с корпусом пружинами, жесткость которых C.

Каналы движения жидкости поочередно перекрываются клапаном, причем в любом положении клапана исключена возможность полного перекрытия обоих каналов.

На расстоянии L от разветвления каналов находится соединительная трубка, разделенная в середине мембраной дифференциального датчика давления.

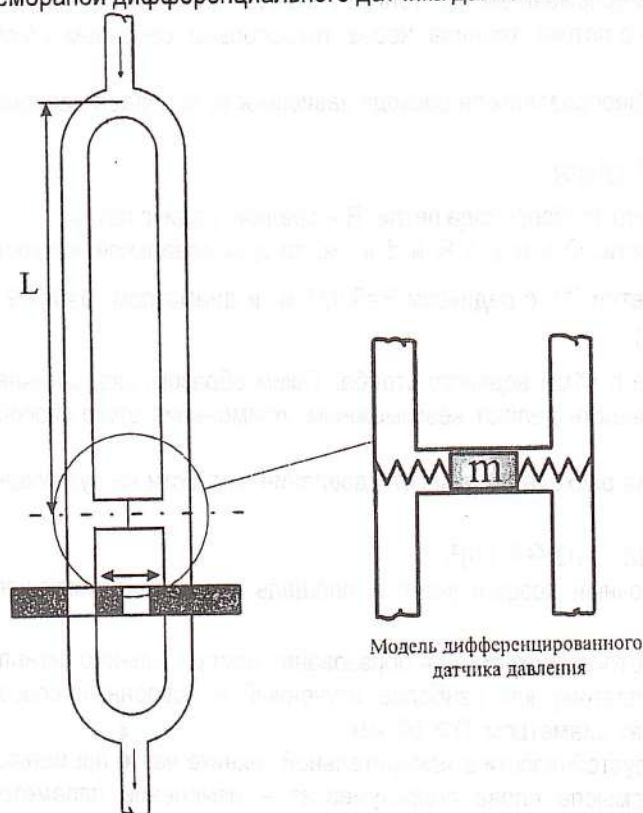


Рис. 1. Схема расходомера

Масса жидкости M, находящегося в трубопроводе длиной L, движущаяся со скоростью V, при перекрытии левого (или правого) канала, воздействует на мембранный дифференциальный датчик давления. Рассматривая «гидротаран» как не упругий удар жидкости о мембрану датчика можно записать

$$MV = (M+m)V_1, \quad (3)$$

где V₁ – скорость движения массы жидкости M и мембраны m.

По закону сохранения энергии имеем

$$\frac{1}{2}(M+m)V_1^2 = CX^2/2 \quad (4)$$

где C – жесткость пружины; X – перемещение мембраны.

Выходной сигнал датчика давления X можно выразить

$$X = V_1 \sqrt{\frac{M+m}{C}} \quad (5)$$

Выражая V₁ из (3) и подставив в (5) получим

$$X = \frac{MV}{M+m} \sqrt{\frac{M+m}{C}} \quad (6)$$

Учитывая, что $M = \rho Ls$ и $Q = \rho V$ выражение (6) преобразуется к виду

$$X = \frac{QLs}{\sqrt{(M+m)C}}. \quad (7)$$

Как видно из последнего выражения выходной сигнал линейно зависит от расхода жидкости. Учитывая, что подвижная часть мембраны дифференциального датчика давления мала и $M \gg m$, то окончательно получим

$$X = \frac{QLs}{\sqrt{\rho LsC}}, \text{ или } X = Q \sqrt{\frac{Ls}{\rho C}}.$$

Предлагаемый авторами способ измерения массового расхода жидкости отличается простотой технической реализации, повышенной чувствительностью, инвариантностью к помехам гравитационной природы.

Библиографический список

1. Канн Б.К. Центробежное расходомерное устройство. Приборы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1978. – №10. – С. 42
2. Павлов А.В. Аппаратура и методы измерений при летных испытаниях самолетов.
3. Тепло и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник. / Под общей ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982.

УДК 631.347

Слюсаренко В.В., Журавлева Л.А., Хабибов С.Р.
Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова

РАВНОМЕРНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДОЖДЯ ПРИ ВЕТРЕ

В статье рассмотрено формирование струи при воздействии ветра и получены выражения для вычисления дальности полета струи необходимые для определения рациональной расстановки дождевальных насадок.

Саратовская область относится к числу наиболее засушливых регионов России. За последние 30 лет возросло количество осадков за зимне-осенний период и уменьшилось в весенне-летний, т. е. в самый ответственный период роста и развития растений. Среднегодовое количество осадков меняется по районам области от 310 до 500 мм, причем в период вегетации основных зерновых культур выпадает 25-30% этого количества.

Участились засухи. Значительный урон наносит засуха восточным и юго-восточным районам области, в состав которых входят Александрово-Гайский, Новоузенский, Питерский, Дергачевский, Озинский, Перелюбский, Ивантеевский, Пугачевский, Краснопартизанский районы, где сосредоточено до 30% поголовья скота, свыше трети всей пашни области, а доля орошаемых земель в них составляет не более 3%. В засушливых условиях Саратовской области устойчивое ведение сельскохозяйственного производства возможно лишь при достаточном орошении.

Наиболее распространенным способом полива в Саратовской области является дождевание. Его можно применять почти во всех районах Поволжья. Одним из основных требований предъявляемых к вегетационным поливам сельскохозяйственных культур – наиболее равномерное увлажнение всей площади. Это создает благоприятные условия для своевременного и качественного проведения междурядных обработок, способствует равномерному росту, развитию растений и созреванию урожая, повышает эффективность агротехнических мероприятий.

Одним из основных недостатков, ограничивающих применение дождевальной техники, является значительное ухудшение качества полива из-за влияния ветра. Ветровая нагрузка изменяет траекторию струи и нарушает ее компактность, что ведет к уменьшению площади полива, и увеличивает неравномерность распределения дождя. При скорости ветра 3-8 м/с дальность полета струи уменьшается на 30-60%, равномерность распределения дождя ухудшается в несколько раз.

В районах области более 60% времени наблюдаются ветры со скоростью превышающей 4 м/с. Поэтому актуальной задачей является изыскание дождевальных насадок и аппаратов, способных соответствовать агротехническим требованиям при скорости ветра свыше 3 м/с и оптимальная их расстановка.

Рассмотрим влияние ветра на траекторию полета капли. Поскольку ветер около поверхности земли представляет собой турбулентный поток, скорость которого подвергается случайным изменениям во времени.

Рассмотрим при средней скорости ветра движение элемента струи (рис.1) направленной под углом α_0 к горизонту при следующих начальных условиях: в начальный момент $t=0$, координаты точки вылета и компоненты скорости равны:

$$x_0=0; z_0=0; \dot{x}_0 = v_0 \cos \alpha_0 = a; \dot{z}_0 = v_0 \sin \alpha_0 = b, \quad (1-4)$$

где x_0 и z_0 и их производные по времени $\dot{x}_0$ и $\dot{z}_0$, направлены соответственно вертикально вверх и в сторону движения струи; v_0 – скорость вылета струи из сопла дождевальной насадки; m – масса капли; k – коэффициент сопротивления среды; g – ускорение свободного падения.

Тогда движение частицы выразится системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -mk\dot{x}; \\ m\ddot{z} = -mg - mk\dot{z} \end{cases} \quad (5)$$

Решением является выражение

$$z = \frac{1}{k^2} (g + kb)(1 - e^{-kt}) - \frac{g}{k} t. \quad (6)$$

Теперь представим, что аппарат вращается с постоянной угловой скоростью W .

Уравнение движения в проекции на оси

ОХ:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = -k(\dot{x} + W \cos \varphi), \quad (7)$$

где φ – угол между направлением ветра и струи.

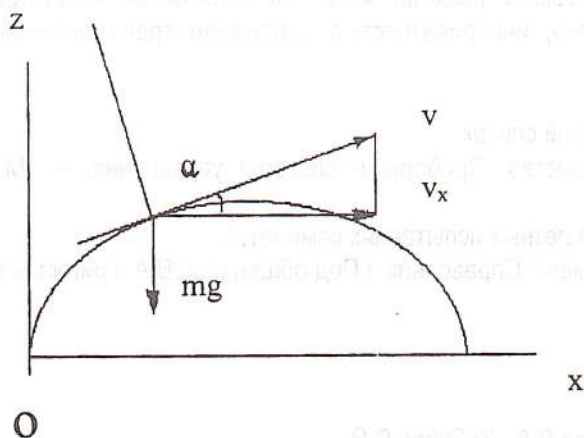


Рис. 1. Траектория движения струи

Уравнение движения капли в проекции на ОУ:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -k(\dot{y} + W \sin \varphi). \quad (8)$$

При соблюдении условий $t=0, x=y=z=0; x^2+y^2+z^2=v_0^2$:

$$\begin{cases} x = \frac{1}{k} (v_0 \cos \alpha + W \cos \varphi)(1 - e^{-kt}) - (W \cos \varphi)t, \\ y = \frac{1}{k} W \sin \varphi (1 - e^{-kt}) - (W \sin \varphi)t, \\ z = \frac{1}{k^2} (g + kb)(1 - e^{-kt}) - \frac{g}{k} t. \end{cases} \quad (9)$$

Определение дальности полета струи с учетом воздействия ветра необходимо для определения рациональной расстановки дождевальных насадок. Задавая постоянные численные значения угла и исключив независимую переменную времени, можно найти функцию зависимости площади распределения капель по поверхности поля.

При прочих равных условиях равномерность распределения поливной воды определяет величину урожая, зависящую от влагообеспечения поливных площадей.

УДК 371

Петрова С.С., Киров Ю.А.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА НА КОМПЬЮТЕРЕ

В статье изложен обзор применяемых компьютерных программ для решений конструкторских задач в инженерной графике и области их использования в системах автоматизированного проектирования. Описаны основные программы для современных технологических производств.

Сегодня трудно себе представить конструкторскую и технологическую подготовку производства без программных средств автоматизации. Повсеместное внедрение систем автоматизированного проектирования позволило по-новому взглянуть на процесс проектирования и изготовления изделий. Самые наукоемкие отрасли промышленности стали активными пользователями и сторонниками компьютерных технологий. Возможность моделирования будущего облика изделия, процесса изготовления оснастки и отработки технологии переросла в потребность.

Можно считать, что первые компьютерные системы для инженерной графики появились вместе с первыми цифровыми компьютерами. Именно проект WHIRLWIND («вихрь») Массачусетского технологического института (МТИ) был отмечен как начало эры машинной графики (50-е годы).

WHIRLWIND стал основой создания опытного образца командно-управляемой системы воздушной защиты, разработанной для полуавтоматической земной среды, как средство преобразования данных, полученных от радара, в наглядную форму. Оператор использовал световое перо для изображения мишени самолетов на ЭЛТ, а система, разработанная фирмой IBM, отображала соответствующую информацию об этом.

Новаторская работа Ивана Сазерленда (Ivan Sutherland) наметила первую заметную веху в машинной графике. Его докторская диссертация в МТИ 1963 года, описывающая принципы построения интерактивной системы эскизного рисования Sketchpad, определяла структуры данных, которые явились теоретической основой для программного обеспечения машинной графики.

Под руководством Тирбера Мофетта и Нормана Тейлора фирма Itek разработала цифровую электронную чертежную машину, которая стала основой для серии систем интерактивной графики компании Control Data Corp. В 1964 году General Motors представила свою DAC-1 - систему автоматизированного проектирования, разработанную совместно с IBM. В следующем был создан проект "Chase" - первый прототип системы числового программного управления (ЧПУ) для фирмы Lockheed. К октябрю 1966 года даже Wall Street Journal уже публиковал статьи о машинной графике.

Бурный рост компьютерного обеспечения для инженерной графики позволил сформироваться целому направлению в данной области, которое получило название «системы автоматизированного проектирования» (САПР).

Форма и содержание разработанных программ позволяют выполнять конструкторские документы высокого уровня сложности в графических средах различных CAD-систем (Computer Aided Design - конструирование, поддержанное компьютером).

Наиболее известные во многих странах и применяемые конструкторами программы:

- САПР высокого уровня AutoCAD фирмы Autodesk, программа доступна в DOS, Windows, Macintosh;
- системного комплекса «КОМПАС-3D», одной из наиболее эффективных отечественных программ.

Рассмотрим подробнее несколько специфических программ для выполнения инженерных решений на компьютере.

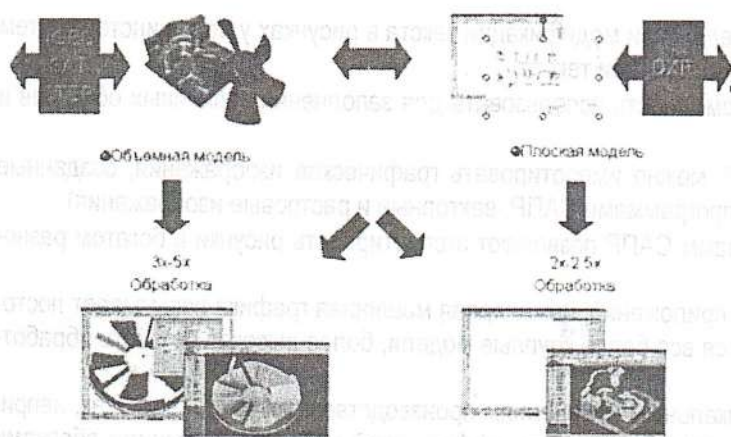


Рис. 1. Схема CAD/CAM ADEM

Одна из распространенных это системы CAD/CAM ADEM, которые решают широкий круг задач, связанных с конструкторско-технологической подготовкой производства на разных стадиях (рис.1).

ADEM - инструмент конструктора и технолога, система сквозного проектирования, решающая полный спектр задач от формирования облика изделия до подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, включая полный комплект конструкторской и технологической документации.

CADMATIC 3D PLANT DESIGN SOFTWARE 3-х мерная система автоматизированного проектирования промышленных объектов (рис.2).

DELCAM - программа САПР для конструирования и производства сложных изделий (рис.3)

Программы САПР предназначены для высокоточного проектирования. Существуют программы САПР высокого уровня и дружественные программы, разработанные для домашнего и делового применения пользователями, занимающихся специфическим моделированием или конструированием для собственных нужд.



Рис. 2. Области приложения системы CADMATIC

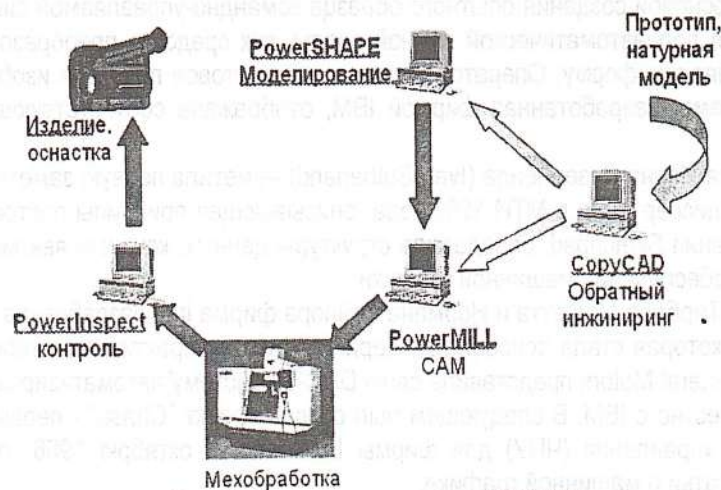


Рис. 3. Структура применения DELCAM

Программы САПР используются для детальной разработки предметов реального мира: зданий, автомобилей, частей механизмов и т.п.

Программы САПР предназначены для графического представления объектов, их графические возможности достаточно широки. Функции, поддерживаемые программы САПР высокого уровня:

- каркасное моделирование (все объекты отображаются только контурами), каркасное моделирование позволяет пользователю видеть на рисунке все объекты, даже если они перекрывают друг друга, используют для точной детализовки и организации.

- 3-мерное моделирование, трехмерное изображение необходимо для проектирования физических объектов в таком виде, как они выглядят на самом деле. Объекты можно вращать, добавлять цветные и теневые детали.

- работа с текстом, возможности по введению и модификации текста в рисунках у большинства систем САПР ограничены, не могут управлять характеристиками текста

- узоры заполнения, представляют возможность использовать для заполнения различных объектов и областей иллюстраций узорами

- импорт графики в программы САПР, можно импортировать графические изображения, созданные другими программами (созданными другими программами САПР, векторные и растровые изображения)

- экспорт графики, большинство программ САПР позволяют экспортировать рисунки в богатом разнообразии форматов.

Находясь в центре разнообразных приложений, инженерная машинная графика испытывает постоянное давление смежных отраслей - требуются все более крупные модели, более высокая скорость обработки.

Прогресс в графике приводит к радикальным изменениям производственных технологий, как, например, в автоматизированном проектировании, где возможность эффективной работы с большими сборками позволяет обойти дорогостоящий этап построения физического прототипа.

Библиографический список

1. Быков А.В. и др. ADEM CAD/CAM/TDM. Черчение, моделирование, механообработка. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 320 с.
2. Хейфец А.А. Инженерная компьютерная графика. AUTOCAD. – М.: ДИАЛОГ– МИФИ, 2002. – 432 с.

УДК 621.753.1(075.8)

Шигаева В.В., Макарова М.П.

ЗНАЧЕНИЕ И ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОЗНАЧЕНИЯ ШЕРОХОВАТОСТИ НА ЧЕРТЕЖАХ

Рассмотрены основные параметры шероховатости и особенности простановки их на чертежах согласно изменениям в ГОСТе.

Поверхности деталей, которые обработаны на металлорежущих станках, имеют некоторые неровности. Неточности формы, размеры зависят от режущего инструмента, метода и режимов обработки, материала

детали и т.д. Одним из основных параметров оценивающих неровности является шероховатость поверхности.

Шероховатостью поверхности согласно ГОСТ 25142-82 называют совокупность неровностей с относительно малыми шагами на базовой длине l , образующих рельеф поверхности. По ГОСТ 2789-73 шероховатость поверхности оценивается шестью параметрами, которые подразделяются на три группы: высотные, связанные с высотными свойствами неровностей; шаговые, связанные со свойствами неровностей в направлении длины профиля; опорные, связанные с формой неровностей профиля. Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться путем указания параметра шероховатости значений выбранных параметров и базовых длин, на которых происходит определение параметров.

Параметры шероховатости (один или несколько) выбираются из приведенной номенклатуры: Ra - среднее арифметическое отклонение профиля; Rz - высота неровностей профиля по десяти точкам; R_{max} - наибольшая высота профиля; Sm - средний шаг неровностей; S - средний шаг местных выступов профиля; tp - относительная опорная длина профиля, где p - значения уровня сечения профиля.

Параметр Ra является предпочтительным.

Настоящий стандарт распространяется на шероховатость поверхности изделий независимо от их материала и способа изготовления (получения поверхности). Стандарт устанавливает перечень параметров и типов направлений неровностей, которые должны применяться при установлении требований и контроле шероховатости поверхности, числовые значения параметров и общие указания по установлению требований к шероховатости поверхности.

Стандарт не распространяется на шероховатость ворсистых и других поверхностей, характеристики которых делают невозможным нормирование и контроль шероховатости имеющимися методами.

Требования к шероховатости поверхности должны устанавливаться, исходя из функционального назначения поверхности для обеспечения заданного качества изделий. Если в этом нет необходимости, то требования к шероховатости поверхности не устанавливаются и шероховатость этой поверхности контролироваться не должна.

При необходимости дополнительно к параметрам шероховатости поверхности устанавливаются требования к направлению неровностей поверхности, к способу или последовательности способов получения (обработки) поверхности.

Для номинальных числовых значений параметров шероховатости должны устанавливаться допустимые предельные отклонения.

Допустимые предельные отклонения средних значений параметров шероховатости в процентах от номинальных следует выбирать из ряда 10; 20; 40. Отклонения могут быть односторонними и симметричными.

Требования к шероховатости поверхности не включают требований к дефектам поверхности, поэтому при контроле шероховатости поверхности влияние дефектов поверхности должно быть исключено. При необходимости требования к дефектам поверхности должны быть установлены отдельно.

Допускается устанавливать требования к шероховатости отдельных участков поверхности (например, участкам поверхности, заключенным между порами крупнопористого материала, к участкам поверхности срезов, имеющим существенно отличающиеся неровности).

Требования к шероховатости поверхности отдельных участков одной поверхности могут быть различными.

Параметры шероховатости и допуски на размеры обрабатываемой поверхности взаимозависимы и должны соответствовать друг другу.

Шероховатость поверхности обозначают на чертеже для всех выполняемых по данному чертежу поверхностей изделия, независимо от методов их образования, кроме поверхностей, шероховатость которых не обусловлена требованиями конструкции.

Структура обозначения шероховатости поверхности приведена на рисунке 1.

При применении знака без указания параметра и способа обработки его изображают без полки.

В обозначении шероховатости поверхности применяют один из знаков, изображенных на рисунках 2-4.

Высота h должна быть приблизительно равна применяемой на чертеже высоте цифр размерных чисел.

Высота H равна (1,5...5) h .

В обозначении шероховатости поверхности, способ обработки которой конструктором не устанавливается, применяют знак изображенный на рисунке 2.

В обозначении шероховатости поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала, применяют знак изображенный на рисунке 3.



Рис. 1. Структура обозначения шероховатости поверхности

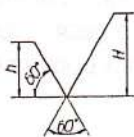


Рис. 2. Обозначение шероховатости поверхности без указания способа обработки

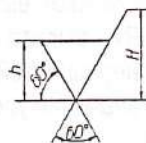


Рис. 3. Обозначение шероховатости поверхности при образовании которой обязательно удаление слоя материала

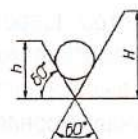


Рис. 4. Обозначение шероховатости поверхности при образовании которой осуществляется без удаления слоя материала

Поверхности детали, изготовляемой из материала определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке, должны быть отмечены знаком изображенный на рисунке 4 без указания параметра шероховатости.

Состояние поверхности, обозначенной знаком (рис.4) должно соответствовать требованиям, установленным соответствующим стандартом или техническими условиями, или другим документом. Причем на этот документ должна быть приведена ссылка, например, в виде указания сортамента материала в графе 3 основной надписи чертежа. Значение параметра шероховатости указывают в обозначении шероховатости после соответствующего символа, например: $R_a0.4$, $R_{max}6.3$; $Sm0.63$; $t_{s0}70$; $S0,032$; $Rz50$.

Обозначение шероховатости, одинаковой для части поверхностей изделия, может быть помещено в правом верхнем углу чертежа вместе с условным обозначением (✓). Это означает, что все поверхности, на которых на изображении не нанесены обозначения шероховатости или знак ✓, должны иметь шероховатость, указанную перед условным обозначением.

Размеры знака, взятого в скобки, должны быть одинаковыми с размерами знаков, нанесенных на изображении.

Не допускается обозначение шероховатости выносить в правый верхний угол чертежа при наличии в изделии поверхностей, шероховатость которых не нормируется.

Библиографический список

1. Серый, И.С. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Агропромиздат, 1987. – 367с.
2. Чижикова, Т.В. Стандартизация, сертификация и метрология. Основы взаимозаменяемости. – М.: КолосС, 2004. – 240с.
3. Пухальский, В.А. Как читать чертежи и технические документы. / В.А.Пухальский, А.В.Стеценков. – М.: Машиностроение, 2005. – 144с.
4. Изменения №3 принятого Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол № 21 от 28.05.2002)

УДК 656.13

Артамонов Д.Е.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

Проведен анализ дорожно-транспортных происшествий в Российской Федерации. Выявлены основные причины ДТП.

Безопасность дорожного движения обеспечивается нормальным функционированием всех составляющих комплекса «человек – автомобиль – дорога – окружающая среда». Недостаточная надёжность элементов этой системы (низкая дисциплина участников движения, неудовлетворительное техническое состояние транспортных средств и дорог и т. д.) является причинной дорожно-транспортных происшествий (ДТП).

Аварийность в городах и на дорогах является одной из серьезнейших социально-экономических проблем. За последние 5 лет в стране произошло более 1 млн. дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли и получили ранения 1 млн. 200 тыс. человек. Каждый год в стране погибает более 30 тыс. человек и 170 тыс. получают ранения, из которых 10 тыс. становятся инвалидами. Ежегодный материальный ущерб от ДТП составляет около 200 млрд. рублей и, по оценке специалистов, данные потери в несколько раз превышают ущерб от железнодорожных катастроф, пожаров и других видов несчастных случаев.

На ситуацию с аварийностью на автомобильном транспорте влияет целый ряд факторов, связанных с произошедшими значительными изменениями в стране за последние годы:

— Государственная система управления безопасностью на автомобильном транспорте перестала нормально функционировать.

— Высокие темпы автомобилизации. За истекшее десятилетие парк автомобилей увеличился более чем в два раза. В настоящее время на тысячу жителей приходится более 220 автомобилей. Наиболее бурно растет парк легковых автомобилей, число которых превысило 21 млн.

— Возрастающая диспропорция между приростом автопарка и развитием улично-дорожной сети. При существенном увеличении интенсивности движения автотранспорта пропускные способности дорожной и, особенно, городской транспортной инфраструктур, явно ограничены, что вызывает заторы и аварийные ситуации.

— Повышение уровня автомобилизации приводит к тому, что существенно возрастает доля водителей транспортных средств с малым стажем и недостаточным опытом. Исследованиями установлено, что более 50% происшествий совершаются водителями с опытом вождения до 3-х лет.

— Несовершенная техническая политика, которая не обеспечивает безопасность, эксплуатационную надежность и потребительские качества автотранспортной техники. Критический уровень изношенности парка автотранспортных средств, неудовлетворительное их техническое обслуживание, отставание отечественной автопромышленности по техническому уровню и безопасности выпускаемых автотранспортных средств, и, соответственно, их низкая конкурентоспособность даже со вторичным рынком импортных транспортных средств.

— Рыночно ориентированные преобразования, сопровождавшиеся разгосударствлением и массовой приватизацией автопредприятий, появление на рынке транспортных услуг большого числа субъектов малого предпринимательства, не имеющих надлежащей производственной базы, ремонтно-диагностического оборудования, профессиональных кадров.

При этом анализ ДТП показывает, что разрыв в уровне безопасности дорожного движения в России по сравнению с другими странами увеличивается. Показатель числа погибших на 10 тыс. транспортных средств в России (так называемый транспортный риск) в 4-5 раз больше, чем в экономически развитых странах с высоким уровнем автомобилизации (Франция, Австрия, Германия, США) и в 2-2,5 раза больше, чем в Польше, Венгрии, Болгарии.

К основным причинам ДТП, выявленным при анализе, можно отнести следующие.

1) *Нарушение Правил дорожного движения со стороны водителей – 76,5% от общего количества ДТП.* Из этих нарушений основными являются:

- несоответствие скорости конкретным условиям движения – 30,8%;
- отсутствие права на управление транспортным средством данной категории – 17,8%;
- управление транспортным средством в состоянии опьянения – 16%;
- выезд на полосу встречного движения – 14,7%;
- нарушение требований знаков, разметки и сигналов светофора – 13%.

2) *Нарушение Правил дорожного движения со стороны пешеходов – 28,3%.*

Здесь следует отметить, что самый высокий уровень риска оказаться пострадавшим в ДТП характерен для лиц в возрасте 15-24 года. Они склонны недооценивать опасность, переоценивать свои возможности и пренебрегать риском. Наиболее распространенные нарушения со стороны пешеходов: несоблюдение требований сигналов светофора; переход проезжей части вне установленных мест; нахождение на проезжей части в состоянии опьянения.

3) *Неудовлетворительное состояние улиц и дорог – 26,5%.*

К сожалению, наши дорожные и коммунальные службы не в состоянии своевременно обслуживать дороги и прилегающую к ним территорию. Даже в крупных городах, где структура этих служб достаточно развита, уборка снега, ремонт дорожного покрытия и другие дорожные работы проводятся с опозданием и нарушением технологического процесса.

4) *Техническая неисправность транспортных средств – 1,96%.*

Современные транспортные средства отличаются высокой надежностью и безопасностью. Однако анализ причин ДТП показывает, что стремительное старение автомобильного парка страны, низкое качество

технического обслуживания и ремонта часто становится причиной отказа техники, что в свою очередь ведёт к созданию аварийных ситуаций.

Очевидно: сложив приведённые выше показатели, получим сумму более 100%. Это объясняется тем, что в ряде случаев одно и то же ДТП имеет несколько причин. Например - плохое качество дорожного покрытия и не правильный выбор скоростного режима движения.

Из проведённого анализа можно сделать ещё один вывод: в системе «человек – автомобиль – дорога – окружающая среда» человек (или так называемый человеческий фактор) играет основную роль. Таким образом, от дисциплинированности участников дорожного движения, профессиональной подготовки водителей решающим образом зависит уровень безопасности дорожного движения.

Библиографический список

1. Комментарий к Правилам дорожного движения Российской Федерации и Основным положениям по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанностям должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения/ М.Б.Афанасьев и др. // За рулём. – 2005.

2. Методическое пособие по проведению ежегодных занятий с водительским составом. – М.: Министерство транспорта РФ, 2004. – 200 с.

3. Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом: Сборник практических пособий. – Самара: Самарский государственный учебный центр «Автокадры»; ТОО «НТЦ», 2003. – 110 с.

МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

УДК 631.363, УДК 621.646.7

Фролов Н.В., Мальцев Г.С.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНЫХ СКРЕБКОВ ДОЗАТОРА-СМЕСИТЕЛЯ

Совокупность скребков дозатора-смесителя, их расположение представляет собой систему, от которой зависит точность дозирования и в целом качество смеси. В статье рассмотрена форма скребка, отвечающая требованиям равномерной подачи, а также определение числа потребных скребков.

Предложенный в [1] дозатор-смеситель имеет систему скребков, с помощью которых дозируются компоненты комбикорма, которые перемещают компоненты к краю диска и дозированносыпают их с диска.

Непрерывность дозирования и смешивания обуславливает характер ссыпания компонентов. Подача каждого из компонентов не должна зависеть от положения скребков относительно диска. Это будет достигнуто путём установки определённого числа скребков, выполненных по определённой кривой.

В общем случае скребок состоит из двух частей: наружной ВС, расположенной снаружи бункера, и внутренней СА, заходящей под бункер. Опытами установлена целесообразность наличия части СА [2].

Для нормальной работы дозатора-смесителя должны выполняться условия:

1. $\varphi < \alpha < \frac{\pi}{2}$, где α – угол между касательной к скребку и радиусом, проведённым из центра; φ – угол трения корма о скребок. При выполнении этого условия не будет сгруживания материала, сдвигаемого скребком.

2. Количество сбрасываемого скребком материала на дуге dl диска должно быть таким же, как и на dl_{i+1} – условие равномерности подачи независимо от положения скребков.

Представим угол ψ_c – угол охватывающий рабочую часть скребка, (рис.1, а) в виде ряда одинаковых достаточно малых углов ψ . Пусть каждый из этих углов имеет порядковый номер i , начиная счет с угла ψ_1 у точки А.

Выделим элемент слоя корма, $abcd$, соответствующий углу $d\psi_i$. За время $t = \frac{\psi_i}{\omega}$ точка b скребка переместится в b' (рис. 1, г), а точка e – в точку e' . С кромки cd сыпется количество корма, в объеме V_i , равном объему фигуры $abe'b'$.

Для элементов $abcd$, соответствующих участку скребка АС (рис. 1, б),

$$V_i = h_s(r_i - r_{i-1})r_{i-1}\psi_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (1)$$

где h_s – номинальная высота скребка на участке АС.

Для элементов, соответствующих участку скребка СВ (рис. 1, в),

$$V_i = (D/2 - r_{i-1})f_s(r_i - r_{i-1})r_{i-1}\psi_i \quad (2)$$

где D – диаметр диска; $f_s = \tan \varphi_s$ – коэффициент внутреннего трения корма; φ_s – угол естественного откоса корма; r – расстояние по радиусу от центра диска до скребка.

Для обеспечения равномерно распределенного по кромке BD диска потока корма при одинаковых углах ψ_i должны быть одинаковы объемы V_i . Имея это в виду, приравняем правые части (2) i -го и $(i+1)$ -го элементов, получим:

$$\begin{aligned} (D/2 - r_{i-1})f_s(r_i - r_{i-1})r_{i-1}\psi &= (D/2 - r_i)f_s(r_{i+1} - r_i)r_i\psi \\ \beta(r_i - r_{i-1})r_{i-1} &= (r_{i+1} - r_i)r_i \end{aligned} \quad (3)$$

где $\beta = \frac{(D/2 - r_{i-1})}{(D/2 - r_i)}$.

Решая (3) относительно r_{i+1} найдем уравнение

$$r_{i+1} = r_{i-1} \left(1 - \frac{r_{i-1}}{r_i} \right) \beta + r_i \quad (4)$$

позволяющее по двум известным соседним значениям r_{i-1} и r_i найти третье r_{i+1} .

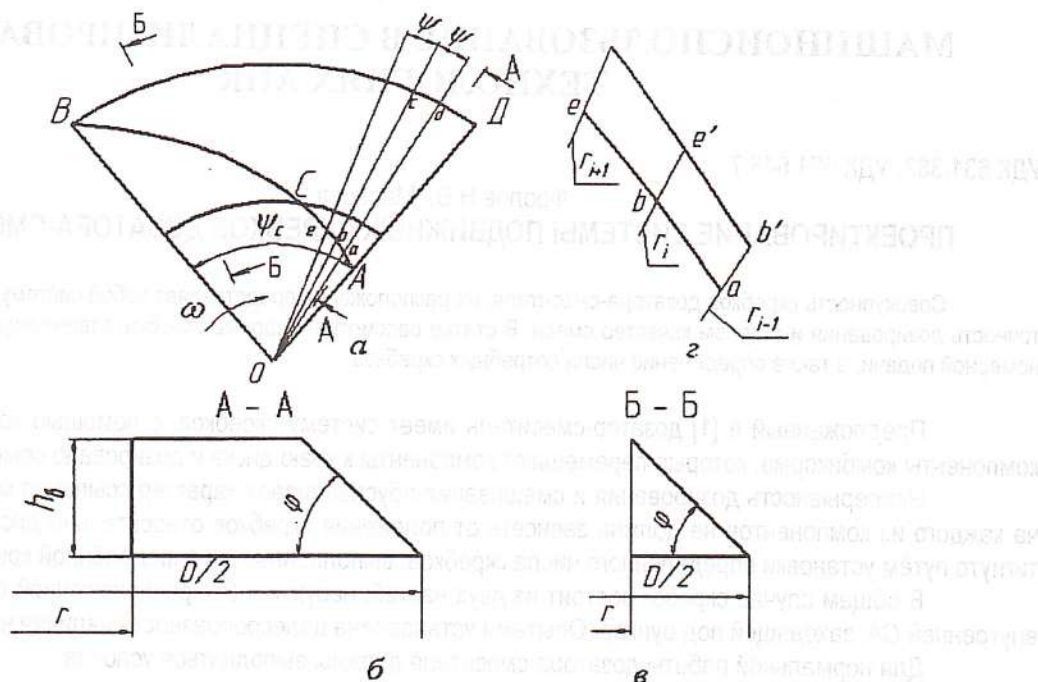


Рис. 1. Расчётная схема: а – вид сверху на диск и скребок; б – поперечное сечение слоя корма на участке AC; в – поперечное сечение слоя корма на участке CB; г – фрагмент элемента abcd

Для участка AC в формуле (4) $\beta = 1$.

Задаваясь значением r_0, ψ и углом α_1 у точки A (начальной точки скребка), определим r_1

$$r_1 = r_0(1 + \psi \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \quad (5)$$

Теперь, полагая в (4) $i = 1$ при известных r_0 и r_1 определим r_2 . Далее принимаем $i = 2$, получаем r_3 и так далее до конца рабочего участка скребка – участок скребка, который отвечает условию $r_i \leq D/2 \leq r_{i+1}$.

Так можно получить координаты (r, ψ) направляющей цилиндрической поверхности скребка и по ним вычертить ее в натуральную величину.

На диске дозатора-смесителя можно разместить до z скребков:

$$z \geq \frac{2\pi}{\psi_c} \quad (6)$$

Дальнейшее увеличение количества скребков не увеличит производительности, а только затруднит продвижение корма.

Библиографический список

1. Фролов Н.В., Мальцев Г.С. Снижение энергоёмкости процессов дозирования и смешивания при подготовке кормосмесей // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: Сб. науч. тр. II Международной научно-практической конференции. – Самара, 2005. – С. 257-259.
2. Потапов В.В. Совершенствование технологического процесса и обоснование параметров дозатора для приготовления сыпучих кормосмесей // Дис. канд. техн. наук. - Саратов, 2001. - 127 с.

ЦЕНТРОБЕЖНЫЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ ЗАГРУЖАЕМОГО В БУНКЕР СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА

Для распределения сыпучего груза по насыпи во время его загрузки в бункер предложен приводной распределитель в виде набора вращающихся дисков. Отмечены особенности движения сыпучего материала по шероховатой поверхности в сравнении с движением отдельной частицы этого материала.

Использование устройств, распределяющих сыпучий груз по поперечному сечению бункера во время загрузки, улучшает условия хранения груза и способствует стабилизации его выпуска. Во многих случаях при загрузке бункеров могут быть применены экономичные гравитационные распределители, использующие для распределения груза потенциальную энергию загружаемого материала. Однако для широких емкостей более эффективным становится распределитель с дополнительным приводом. На рисунке 1 показана схема такого распределителя.

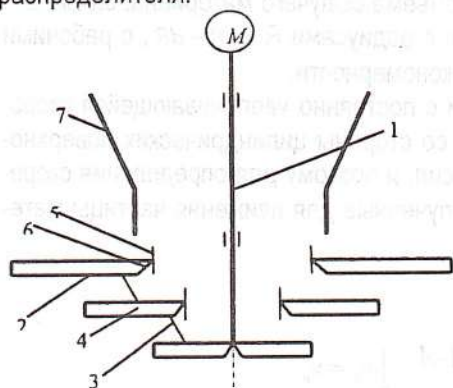


Рис. 1. Схема центробежного распределителя сыпучего груза: 1 – вал приводной; 2 – диск; 3 – проставка; 4 – лопасть; 5 – цилиндр; 6 – конус; 7 – загрузочная горловина

Устройство состоит из вертикального приводного вала 1, установленного соосно с загрузочной горловиной 7, и нескольких горизонтальных дисков 2. Нижний наименьшего диаметра диск закреплен непосредственно на валу. Остальные диски посредством проставок 3 соединены с нижним диском и друг с другом. Сверху диски снабжены радиальными лопастями 4, а верхний и промежуточные диски имеют центральные отверстия, образованные цилиндрическими поверхностями 5. Диаметры цилиндров уменьшаются от верхнего диска к нижним. На каждом диске у цилиндра установлен усеченный конус 6.

Работает распределитель следующим образом.

При неподвижном приводном валу материал из загрузочной горловины поступает в цилиндры, далее на конусы, доходит до дисков и останавливается, образуя на дисках кольцевые насыпи под углом естественного откоса.

Материал в бункер не поступает, поэтому распределитель с отключенным приводом служит затвором загрузочной горловины.

При включении приводного вала диски с лопастями взаимодействуют с сыпучим материалом, добавляя ему кинетическую энергию. Материал сходит с дисков со скоростью v , далее движется в поле силы тяжести с начальной скоростью

$$v_n = \sqrt{v^2 + \omega \cdot R_n^2}, \quad (1)$$

до падения на насыпь в бункере.

В формуле (1) ω – угловая скорость диска; R_n – радиус диска.

По мере схода материала с дисков на освободившееся место непрерывно поступает материал из загрузочной горловины, при этом в результате контакта с конической поверхностью изменяется направление движения потока материала: вертикальное направление сменяется наклонным, параллельно образующей конуса, а затем горизонтальным. Поток попадает на диск уже с определенной начальной скоростью v_n . При угле у основания конуса $\beta = 45^\circ$ v_n максимальна и равна

$$v_n = v_n / 2, \quad (2)$$

где v_n – скорость истечения материала из загрузочной горловины.

Сошедший с верхнего диска материал оказывается наиболее удаленным от оси воронки. Соответствующим выбором размеров дисков и режима работы можно добиться распределения материала по всему поперечному сечению бункера.

Известны подобные устройства, например, для разбрасывания удобрений [1]. Обоснование параметров таких устройств получены в результате исследования движения отдельной частицы материала по шероховатой поверхности [2]. Для предлагаемого распределителя характерна большая производительность, и материал движется по поверхностям дисков не отдельными частицами, а сплошным потоком определенной толщины. Для таких условий представление материала в виде частиц неполно отражает работу устройства.

В данной статье показано, что представление загружаемого материала в виде сыпучего тела полнее раскрывает характер его взаимодействия с рабочими органами устройства, и, в частности, позволяет обосновать высоту лопастей.

Во-первых, отметим, что движению потока материала, движущегося со скоростью v_n (рис. 2, б) вертикально расположенные лопасти препятствуют его проходу до контакта с диском. Представим абсолютную скорость $v_a = v_n$ как сумму переносной v_e (вращение диска) и относительной v_r (относительно диска). Из треугольника скоростей (рис. 2, в) определим направление скорости v_r . Если на части диска, под горловиной установить лопасти под углом α , то они не будут мешать прохождению потока до контакта с диском.

$$\alpha = \arctg \frac{v_n}{\omega \cdot R_r}, \quad (3)$$

где ω - угловая скорость диска;

R_r - радиус горловины.

В результате исследования взаимодействия элементарного объема сыпучего материала, заключенного между соседними лопастями и цилиндрическими поверхностями с радиусами R и $R + dR$, с рабочими органами центробежного распределителя установлены следующие закономерности.

Элементарный объем движется к краю диска вдоль лопасти с постоянно увеличивающейся скоростью. Из этого следует, что время движения на выделенный объем со стороны цилиндрических поверхностей с радиусами R и $R + dR$ не возникает никаких дополнительных сил, и поэтому для определения скорости и пути движения сыпучего материала справедливы формулы, полученные для движения частицы материала по шероховатым поверхностям [2].

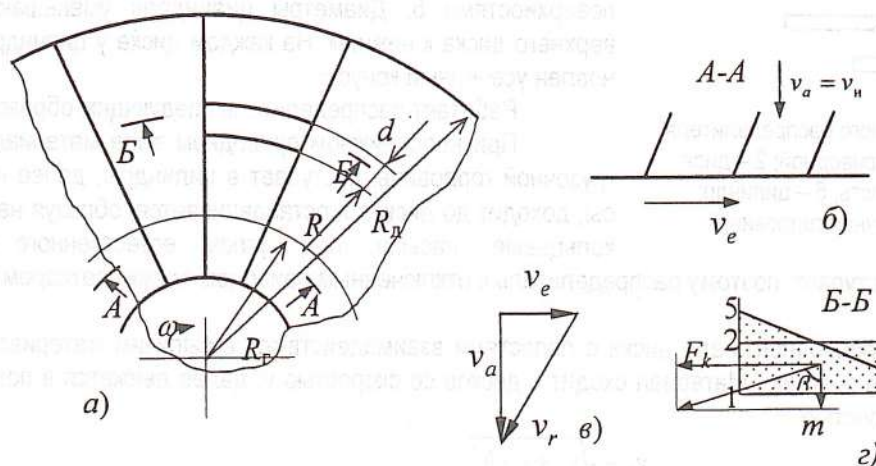


Рис. 2. К определению параметров лопастей

Отличие элементарного объема сыпучего материала от частицы заключается в том, что с движением вдоль лопасти происходит перемещение частиц сыпучего материала в перпендикулярном к лопастям направлении. Последний вывод поясним с помощью схемы на рисунке 2, г, где показано сечение цилиндрической поверхностью Б-Б.

В начале движения материала по диску, при $R = R_r$, поперечное сечение потока материала имеет вид прямоугольника 1234, а свободная поверхность горизонтальна. По мере продвижения элементарного объема по диску увеличивается кориолисова сила инерции. Геометрическая сумма кориолисовой силы и силы тяжести отклоняется от вертикали на угол β . При этом свободная поверхность сыпучего материала сначала не изменяет своего положения до тех пор, пока угол β не превышает угла внутреннего трения φ . При дальнейшем увеличении кориолисовой силы и угла β на свободной поверхности сыпучий материал перераспределяется, свободная поверхность занимает новое положение. При достаточно медленном изменении угла β свободная поверхность, оставаясь практически плоской, повернулась бы на угол $\gamma' = \beta - \varphi$ от первоначального положения.

В действительности время действия кориолисовой силы мало, оно равно времени движения элементарного объема материала до края диска. За это время свободная поверхность оказывается повернутой относительно горизонтального положения на угол

$$\gamma = \beta - \varphi', \quad (4)$$

где $\beta = \arctg(F_K / mg)$, F_K - кориолисова сила инерции, m - масса элементарного объема материала, g - ускорение свободного падения;

$\varphi' = \arctg(kf_v)$, f_v - коэффициент внутреннего трения сыпучего материала, k - коэффициент, учитывающий динамичность процесса.

Для практических расчетов можно принимать $k = 1,8 \dots 2,1$.

Зная подачу Q поступающего на диск материала, определив скорость перемещения его по диску и положение свободной поверхности материала в момент схода его с диска, можно определить минимально допустимую высоту лопасти l_{15} .

$$l_{15} = \sqrt{\frac{2Qtg\gamma}{v\rho z}}, \quad (5)$$

где v - скорость материала относительно лопасти при сходе с диска; ρ - плотность сыпучего материала; z - количество лопастей на диске.

Библиографический список

1. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан-Шах. - М.: Машиностроение, 1978 - 568 с.
2. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. - Киев: изд-во УАСХН, 1960. - 284 с.

УДК 631.862.2:631.333.92

Егорова А. А., Киров Ю.А.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕЗВОЖИВАНИЯ СТОКОВ В ГИДРОЦИКЛОНЕ-СГУСТИТЕЛЕ

В статье приводятся результаты теоретических исследований процесса первичного разделения жидких животноводческих стоков на твердую и жидкую фракции в гидроциклоне-сгустителе. В частности, принимая за основу уравнение основного закона для фильтрования /закон Дарси/, и ограничив объем математических расчетов рядом необходимых допущений, выведена формула для определения основных конструктивных параметров исследуемой установки для обезвоживания жидких стоков.

С развитием отрасли животноводства и переводом её на промышленную основу, в нашей стране и за рубежом возникла острая проблема обработки и утилизации огромных масс жидких стоков (до 98% влажности), поступающих с предприятий по производству и переработке животноводческой продукции. В непереработанном виде животноводческие стоки представляют серьёзную угрозу для окружающей среды. Из многообразия машин и аппаратов наиболее применимы устройства, работающие по принципу разделения исходных стоков на фракции и использование каждой в отдельности. Для первичного сгущения стоков большое распространение получили гидроциклоны, обладающие простотой конструкции и малой металлоемкостью. Анализ научной и патентной литературы показал, что можно интенсифицировать процесс сгущения исходной массы стоков, установив на выходе из гидроциклона устройство в виде сгустителя и тем самым снизить влажность суспензии до параметров, позволяющих существенно сократить затраты на дальнейшую обработку стоков.

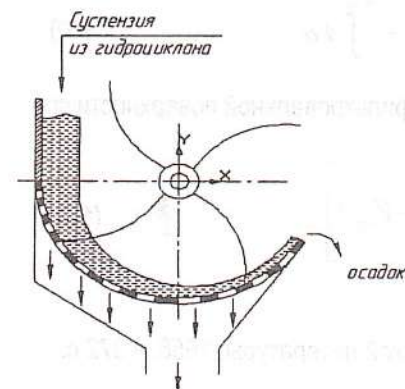


Рис. 1. Схема сгустителя

Рассмотрим теоретический процесс обезвоживания исходной суспензии стока, протекающий в гидроциклоне-сгустителе. Предварительно сгущенная масса поступает на фильтровальную поверхность сгустителя (рис.1).

Процесс фильтрования подчиняется закономерностям фильтрования суспензии с образованием осадка.

Рассмотрим движение элементарного объема исходной массы суспензии в зоне фильтрования сгустителя (рис.2).

В данном случае для описания процесса применим общий гидравлический закон для фильтрования (закон Дарси), который выражается следующим уравнением [1]:

$$\frac{dV}{F \cdot dt} = \frac{\Delta P}{\mu (R_{oc} + R_{ф.н.})} \quad (1)$$

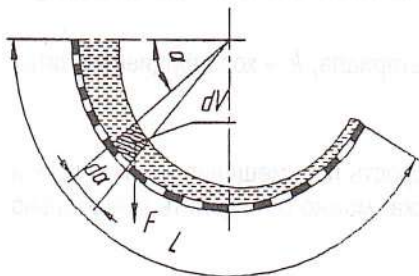


Рис. 2. Схема процесса фильтрации в сгустителе

где V – объем фильтрата, выделенный из исходной массы за время t , м^3 ; t – время фильтрования, с ; ΔP – давление фильтрования, Н/м^2 ; μ – динамическая вязкость фильтрата; R_{oc} – сопротивление осадка; $R_{ф.п.}$ – сопротивление фильтровальной перегородки.

Сопротивление осадка можно выразить через следующее соотношение:

$$R_{oc} = r_{oc} \cdot m_{oc} \cdot V, \quad (2)$$

где r_{oc} – удельное сопротивление осадка; m_{oc} – масса осадка, кг ; V – объем выделенного фильтрата, м^3 .

Поскольку элементарный объем массы сгущенной суспензии движется по некоторому радиусу. То для определения угла α поворота её по фильтровальной поверхности нужно выразить dt через $d\alpha$:

$$dt = \frac{d\alpha}{\omega}, \quad (3)$$

где $d\alpha$ – элементарный угол поворота объема V_n , рад ; ω – угловая скорость движения элементарного объема массы суспензии, рад/с .

Давление фильтрования определяется из выражения:

$$\Delta P = m_{oc} \cdot R_{cp} \cdot \omega^2, \quad (4)$$

где R_{cp} – средний радиус вращения массы m_{oc} , м .

Величину R_{cp} в данном случае из-за сравнительно малой толщины слоя осадка на фильтровальной поверхности можно принять равной радиусу сгустителя R :

$$R_{cp} \approx R. \quad (5)$$

Масса осадка m_{oc} , отложившаяся в какой-то промежуток времени, будет:

$$m_{oc} = V_{oc} \cdot \rho_{oc}. \quad (6)$$

Как видно из схемы (рис. 2), за угол α на выделенной элементарной площадке фильтровальной поверхности, согласно уравнению материального баланса процесса фильтрования, остаётся объем осадка, равный:

$$V_{oc} = V_{ucx} - V. \quad (7)$$

Согласно вышеизложенным рассуждениям и математическим преобразованиям, уравнение (1) примет следующий вид:

$$\frac{dV \cdot \omega}{d\alpha} = \frac{(V_{ucx} - V) \rho_{oc} \cdot R \cdot \omega^2}{\mu [r_{oc} (V_{ucx} - V) \rho_{oc} \cdot V + R_{ф.п.}]}. \quad (8)$$

Разделив переменные, получим:

$$\frac{\mu [r_{oc} (V_{ucx} - V) \rho_{oc} \cdot V + R_{ф.п.}]}{(V_{ucx} - V) \rho_{oc} \cdot R \cdot \omega} \cdot dV = d\alpha. \quad (9)$$

Проинтегрировав полученное уравнение от 0 до V_{tr} – требуемое количество влаги, выделяемое из суспензии и от 0 до α_{np} – предельный угол фильтровальной поверхности сгустителя и сделав необходимые преобразования, имеем:

$$\frac{\mu}{\rho_{oc} \cdot R \cdot \omega} \left(\int_0^{V_{np}} r_{oc} \cdot \rho_{oc} \cdot V \cdot dV + \int_0^{V_{np}} \frac{R_{ф.п.}}{V_{ucx}} dV \right) = \int_0^{\alpha_{np}} d\alpha. \quad (10)$$

Интегрируя, получим формулу для определения предельного угла фильтровальной поверхности сгустителя:

$$\alpha_{np} = \frac{\mu}{\rho_{oc} \cdot R \cdot \omega} \left[r_{oc} \cdot \rho_{oc} \cdot \frac{V_{np}^2}{2} - R_{ф.п.} \ln(V_{ucx} - V_{np}) \right]. \quad (11)$$

Библиографический список

1. Рабинович Е.З. Гидравлика. – М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1958. – 372 с.

Козлова Т.Ю., Киров Ю.А.
ГИДРОЦИКЛОН – СГУСТИТЕЛЬ

В статье приведено описание конструкции гидроциклона – сгустителя и рабочего процесса разделения исходной массы суспензии на фракции. Приведены результаты проведенных поисковых опытов на разработанной экспериментальной установке гидроциклона – сгустителя.

Одной из наиболее трудных задач животноводческих предприятий остаётся механизация обработки стоков, содержащих твердую фазу, состоящую на 75...85% из частиц органического происхождения, которые могут стать источником загрязнения окружающей среды и в то же время являются ценным органическим удобрением. Поэтому создание технологий и средств для обработки стоков с высоким технико-экономическими показателями – важная хозяйственная задача.

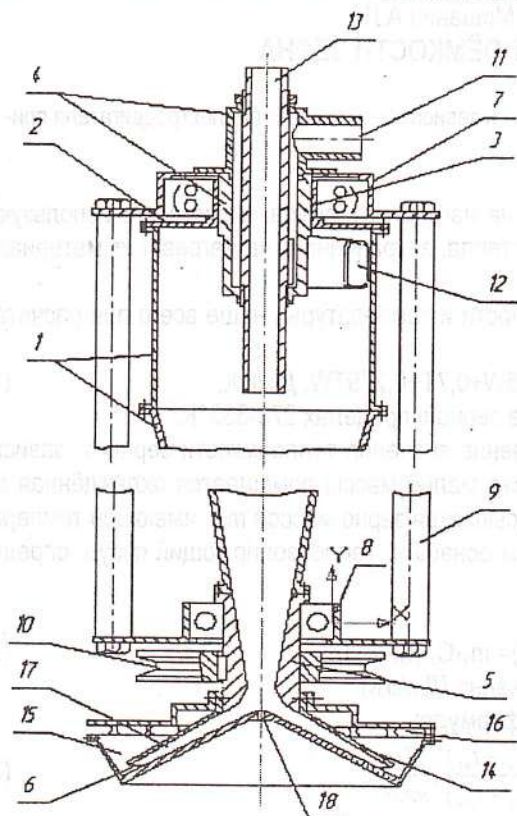


Рис. 1. Схема гидроциклона-сгустителя

Разработанный авторами гидроциклон-сгуститель [1] имеет цилиндрикоконический корпус 1 (рис.1), в крышке 2 которого через сальниковое уплотнение 3 установлен питатель 4, а на выгрузном патрубке 5 закреплен сгуститель 6. Кроме 1 смонтирован посредством подшипников 7,8 на раме 9 и вращается относительно неё электродвигателем через клиноременную передачу, шкив 10, которой закреплен на выгрузном патрубке 5. Поданная под давлением через входной патрубок 11 питателя 4 исходная суспензия закручивается криволинейным питающим патрубком 12, образуя вихревой поток суспензии, устремляющийся по стенке корпуса 1 к выгрузному патрубку 5. При этом происходит разделение суспензии на осветленную фракцию, направляемую обратным центральным потоком в сливной патрубок 13, и сгущенную фракцию, выходящую вихревым потоком из выгрузного патрубка 5 на раструб 14 сгустителя 6. Который за счет вращения обеспечивает распределение вихревого потока по раструбу 14, а затем по своему наклонному борту 15, на которых суспензия дополнительно обезвоживается. Из сгустителя 6 вторично обезвоженная суспензия отводится через окна 16, а осветленная её часть, поднимаясь по конусному дну 17, смыкается с центральным осветленным потоком корпуса 1. При этом через центральное отверстие 18 конусного дна 17 происходит подсос воздуха в образуемый в корпусе 1 воздушный столб, который формирует вокруг себя центральный осветленный поток.

Вращение корпуса 1 в гидроциклонах [2, 3] в сторону вращения вихревого потока суспензии повышает эффективность центрифугирования, так как уменьшает горизонтальную составляющую сил трения суспензии о стенку корпуса. А в гидроциклоне – сгустителе [1], кроме этого, на входе в сгуститель 6 достигается минимизация потерь кинетической энергии вихревого потока, которую он получил на выходе из криволинейного патрубком 12 питателя 4. В итоге вращающийся за счет корпуса 1 сгуститель 6 обеспечивает дополнительное обезвоживание суспензии, входящей в сгуститель вихревым потоком, сохранившим достаточную для центрифугирования кинетическую энергию.

Поисковые опыты на экспериментальной установке (рис.2) подтвердили эффективность сочетания вращающегося корпуса с встроенным в гидроциклон – сгуститель.



Рис. 2. Экспериментальная установка

В результате проведенных опытов установлено, что применение сгустителя позволяет снизить влажность исходной суспензии на 8...10% и, тем самым сократить затраты на дальнейшее обезвоживание суспензии.

Библиографический список

1. Киров Ю.А., Козлова Т.Ю., Ларионов Ю.В. Гидроциклон – сгуститель. Патент РФ №2257268, Кл. В 04 С 5/00, 5/14, 27.07.2005г.
2. Гайтов Б.Х., Комолапов А.В., Скобелицин Ю.А. Гидроциклон. А.С.СССР №770551, Кл. В 04 С 11/00, 15.10.1980г.
3. Патент США № 3648840, Кл. 209-211, 11.05.1972г.

УДК 631.363

Новиков В.В., Палагуто К.В., Мишанин А.Л.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОЁМКОСТИ ЗЕРНА

Рассмотрена зависимость теплоёмкости зерна от влажности и зависимость мощности электродвигателя привода пресс-экструдера КМЗ-2У.

Величина теплоёмкости характеризует затраты тепла на нагрев материала. Чаще всего используют величину удельной теплоёмкости, которая равна количеству тепла, затраченного на нагрев 1 кг материала на 1 градус Цельсия или Кельвина.

Удельная теплоёмкость зерна (С) зависит от его влажности и температуры. Чаще всего при расчетах используется следующее соотношение:

$$C = 884 - 31,5W + 0,7T + 0,279TW, \text{ Дж/кгК}, \quad (1)$$

где W – влажность зерна в пределах 10-30,%; T – температура зерна в пределах 273-333°K.

Задачей проводимого эксперимента является определение значения теплоёмкости зерна в зависимости от его влажности. Для этого в теплоизолирующий сосуд малой массы помещается охлаждённая до некоторой температуры $t_{в1}$ вода массой $m_{в1}$, затем в сосуд высыпается зерно массой $m_{з1}$, имеющей температуру $t_{з1}$. Причём $t_{з1} > t_{в1}$. По показаниям термометра, которым оснащён теплоизолирующий сосуд, определяется установившаяся равновесная температура смеси $t_{см}$.

Из уравнения теплового баланса:

$$m_{в1}C_{в1}(t_{см} - t_{в1}) = m_{з1}C_{з1}(t_{з1} - t_{см}), \quad (2)$$

где $C_{в1}$, $C_{з1}$ – удельные теплоёмкости воды и зерна соответственно (Дж/кгК).

Отсюда удельная теплоёмкость зерна определится по формуле:

$$C_{з1} = C_{в1} \frac{m_{в1} (t_{см} - t_{в1})}{m_{з1} (t_{з1} - t_{см})}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг.К}}. \quad (3)$$

Влажность зерна определяли стандартным методом по ГОСТ 12041 с использованием сушильного шкафа СЭШ-3М. Опыт проводился на зерне кукурузы и сои при разной влажности в трёхкратной повторности. Результаты опытов, а также теоретического расчета, по определению теплоёмкости зерна сои и кукурузы в зависимости от влажности отражены в таблицах 1 и 2 соответственно и на рисунках 1 и 3 представлены графические зависимости теплоёмкости от влажности зерна.

Таблица 1.

Результаты эксперимента по определению теплоёмкости зерна сои в зависимости от её влажности

Показатели	Влажность сои, %								
	6,3			9,5			25,46		
Повторность опыта	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Масса сои, кг.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Масса воды, кг.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Общая масса смеси, кг.	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Начальная температура сои, °С.	22,5	19	19	17,5	17,5	17	16	16	16
Начальная температура воды, °С.	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Равновесная температура смеси, °С.	9	7	7	7	7	7	7	7	7
Теплоёмкость воды, Дж/кгК.	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190
Теплоёмкость сои, Дж/кгК.	1862	1746	1746	1995	1995	2095	2328	2328	2328
Теплоёмкость сои теоретическая, Дж/кгК.	1411	1403	1403	1558	1558	1556	2337	2337	2337

Для определения адекватности полученных экспериментальных данных относительно теоретических расчётов был произведён расчёт линейного коэффициента корреляции. После расчётов с использованием ЭМВ получили следующие значения коэффициентов корреляции:

для зерна сои $r = 0,936$;

для зерна кукурузы $r = 0,91$.

Так как значения коэффициентов корреляции находятся в пределах от 0,7 до 0,95, то можно сделать вывод, что связь между экспериментальным и теоретическим расчётами тесная, то есть экспериментальные данные адекватны теоретическому расчёту.

Таблица 2.

Результаты эксперимента по определению теплоёмкости зерна кукурузы в зависимости от её влажности

Показатели	Влажность кукурузы, %								
	5,6			12,3			20,17		
Повторность опыта	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Масса кукурузы, кг.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Масса воды, кг.	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Общая масса смеси, кг.	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Начальная температура кукурузы, °С.	16	16,5	16,5	11,5	13	13	14,5	14	14
Начальная температура воды, °С.	2	2	2	1	1	1	0,5	1	1
Равновесная температура смеси, °С.	5,5	5,5	5,5	4,5	5	5	5,5	5,5	5,5
Теплоёмкость воды, Дж/кгК.	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190	4190
Теплоёмкость кукурузы, Дж/кгК.	1397	1333	1333	2095	2095	2095	2328	2218	2218
Теплоёмкость кукурузы теоретическая, Дж/кгК.	1361	1363	1363	1672	1678	1678	2067	2065	2065

Теплоёмкость зерна является одним из факторов, определяющих энергетические затраты при экструзии и непосредственно влияет на мощность привода электродвигателя пресс-экструдера, которая определяется по формуле:

$$N_{\text{дв}} = Q \cdot C \cdot \Delta T, \text{ Вт}, \quad (4)$$

где $N_{\text{дв}}$ – мощность электродвигателя привода пресс-экструдера, Вт; Q – производительность пресс-экструдера, кг/с; C – удельная теплоемкость зерна, Дж/кгК; ΔT – изменение температуры экструдированной смеси, К.

Таблица 3.

Определение мощности электродвигателя привода пресс-экструдера
в зависимости от температуры исходного сырья

Q, кг/с	ΔT , °К	Соя			Кукуруза		
		N, кВт.при C=1746 Дж/кгК	N, кВт.при C=1995 Дж/кгК	N, кВт.при C=2328 Дж/кгК	N, кВт.при C=1333 Дж/кгК	N, кВт.при C=2095 Дж/кгК	N, кВт.при C=2218 Дж/кгК
0,18	20	6,29	7,18	8,38	4,80	7,54	7,98
0,18	30	9,43	10,77	12,57	7,20	11,31	11,98
0,18	40	12,57	14,36	16,76	9,60	15,08	15,97
0,18	50	15,71	17,96	20,95	12,00	18,86	19,96
0,18	60	18,86	21,55	25,14	14,40	22,63	23,95
0,18	70	22,00	25,14	29,33	16,80	26,40	27,95
0,18	80	25,14	28,73	33,52	19,20	30,17	31,94
0,18	90	28,29	32,32	37,71	21,59	33,94	35,93
0,18	100	31,43	35,91	41,90	23,99	37,71	39,92
0,18	110	34,57	39,50	46,09	26,39	41,48	43,92
0,18	120	37,71	43,09	50,28	28,79	45,25	47,91
0,18	130	40,86	46,68	54,48	31,19	49,02	51,90
0,18	140	44,00	50,27	58,67	33,59	52,79	55,89
0,18	150	47,14	53,87	62,86	35,99	56,57	59,89
0,18	160	50,28	57,46	67,05	38,39	60,34	63,88
0,18	170	53,43	61,05	71,24	40,79	64,11	67,87
0,18	180	56,57	64,64	75,43	43,19	67,88	71,86
0,18	190	59,71	68,23	79,62	45,59	71,65	75,86
0,18	200	62,86	71,82	83,81	47,99	75,42	79,85

Для определения мощности привода пресс-экструдера были приняты следующие значения: $Q = 0,18$ кг/с, $\Delta T = 20 \dots 200^\circ\text{C}$ – по экспериментальным данным. Результаты расчетов представлены в таблице 3. Графические зависимости мощности привода пресс-экструдера от изменения температуры зерна сои и кукурузы представлены на рисунке 2 и 4 соответственно.

Анализируя полученные графические зависимости и проведенные расчёты можно сделать вывод, что для сои и кукурузы справедливо повышение теплоёмкости при повышении влажности.



Рис.1 График зависимости теплоемкости зерна сои от влажности

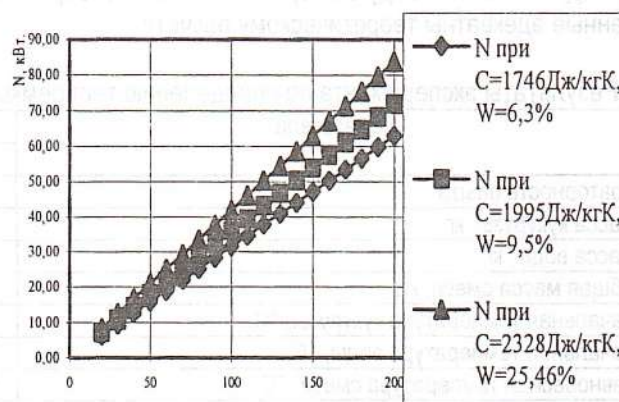


Рис.2. Зависимость мощности электродвигателя привода пресс-экструдера КМЗ-2У от температуры при различной теплоемкости исходного сырья (соя)



Рис.3. График зависимости теплоемкости зерна кукурузы от влажности

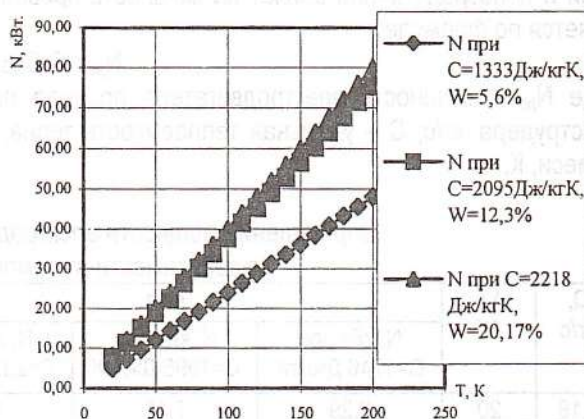


Рис.4. Зависимость мощности электродвигателя привода пресс-экструдера КМЗ-3У от температуры при различной теплоемкости исходного сырья (кукурузы)

При повышении теплоёмкости исходного сырья увеличивается необходимая мощность привода пресс-экструдера. Так как при экструзии температура экструдированной смеси повышается на $110 \dots 140^\circ\text{C}$ и происходит запаривание за счёт собственной влаги экструдата, то необходимо подбирать наиболее оптимальное соотношение теплоёмкости и влажности исходного сырья для повышения качества процесса экструзии.

УДК 631.302

Косяненко А.А.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ БУНКЕРА С ЩЕЛЕВЫМ ДНИЩЕМ

Приводятся некоторые результаты исследований бункера с донными щелевыми отверстиями и механическим сводоразрушителем, который позволяет синхронизировать гравитационное и принудительное истечение материала.

Одним из наиболее перспективных направлений совершенствования процесса выпуска материала из бункера является использование потенциальной энергии столба материала в бункере путем синхрониза-

ции гравитационного и принудительного истечения за счет использования быстросъемных рабочих органов, вынесенных за пределы полости бункера.

В связи с этим предложен бункер (рис.1), в котором рабочие органы, подрезая образовавшийся свод, лишают его опоры, вследствие чего происходит разуплотнение материала – стабилизация его свойств, что обеспечивает равномерность дозирования, при разной высоте столба материала в бункере.

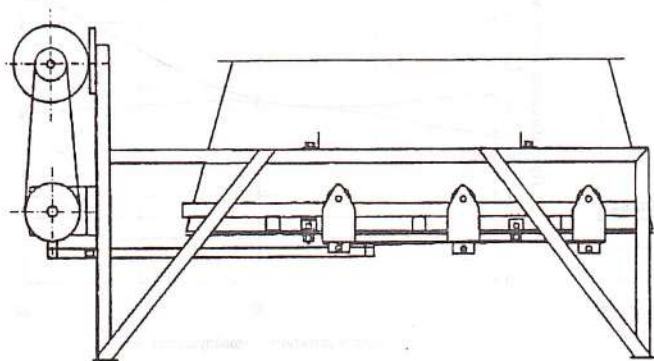


Рис.1. Бункер для слёживающихся трудносыпучих грузов

выпуске мела, муки ржано-обдирной и мяскостной муке и включало изучение влияния основных параметров устройства на пропускную способность, энергозатратность и неравномерность выпуска. Вспомогательное оборудование и приборы, которые использовались в ходе экспериментов: ленточный конвейер, весы РН-10Ц13У-1, весы лабораторные квадратурные ВЛКГ-500г-М, электрошкаф сушильный СНОЛ-3,5/3,5-И1, реостат, счетчик однофазный СО-5 и секундомер.

В основе методики проведения экспериментов лежит изучение влияния отдельно взятого фактора на оценочные показатели работы бункерного устройства с донными щелевыми выпускными отверстиями при фиксированном значении других факторов. Это достигается путем изменения исследуемого фактора в диапазоне варьирования при условии сохранения всех остальных показателей неизменными.

Для определения равномерности распределения потока материала под установкой было размещено полотно с заранее нанесёнными на нем краской полосами через каждые 50 см. Лента имела привод от барабана, на который наматывался трос, заранее соединённый с лентой, скорость движения ленты была постоянной.

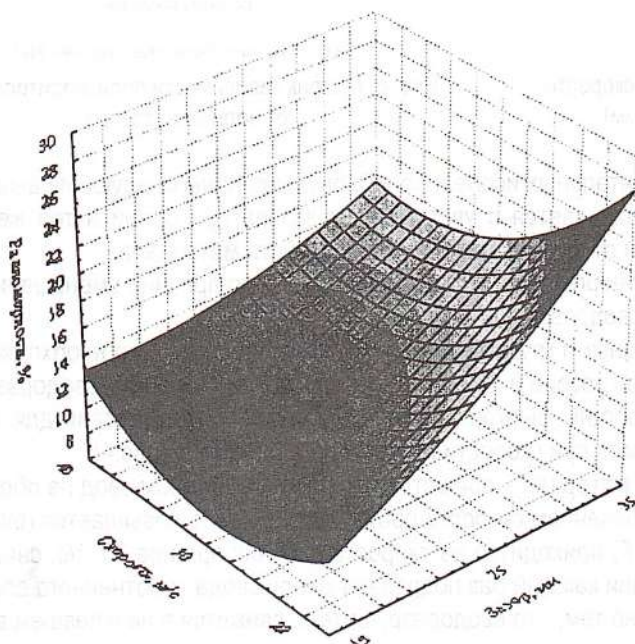


Рис.2. График зависимости равномерности от скорости и зазора

Привод сводоразрушителя (тележки с рабочими органами) осуществляется с помощью электродвигателя постоянного тока через червячный редуктор и тягу. Лабораторный образец бункерного устройства позволяет оперативно изменять следующие параметры: ширину щелей днища от 0,01 до 0,035 м, скорость движения рабочих органов, время включения привода сводоразрушителя.

Исследование бункера со щелевым днищем и сводоразрушителем проводилось на

Для определения равномерности брался материал с участка, отмеченного краской, через один и взвешивался. Так как в начале и конце процесса истечения материала процесс носит не стабильный характер, в целях адекватности эксперимента начальный и конечный участки отбрасывались, т.е. не взвешивались.

Равномерность рассчитывалась по общепринятой методике (рис.2).

Производительность определялась аналогично ранее описанной схеме. Одновременно с включением механического сводоразрушителя установки, привода ленты включался и секундомер. При окончании выгрузки секундомер выключался. Взвешивалась вся масса выгруженного на ленту материала и, согласно формуле, определялась производительность.

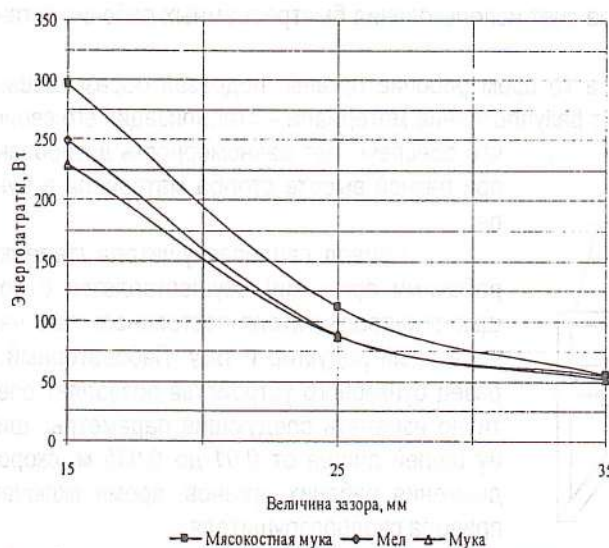


Рис. 3. График зависимости энергозатрат от величины зазора

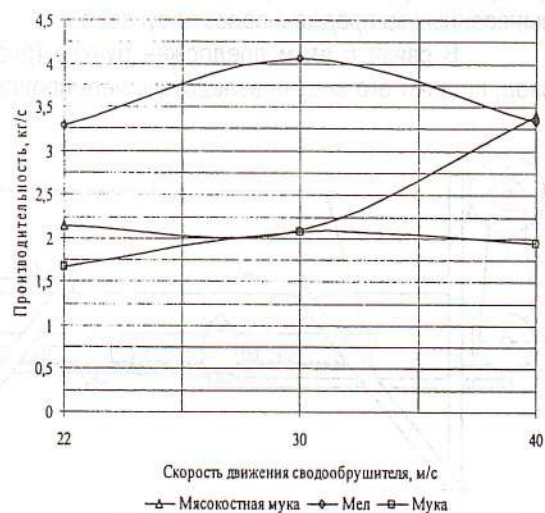


Рис. 4. График зависимости производительности от скорости движения сводообрушителя

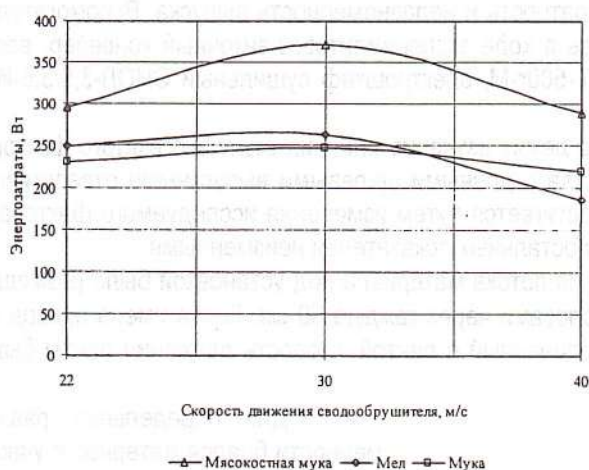


Рис. 5. График зависимости энергозатрат от скорости движения сводообрушителя (зазор 15 мм)

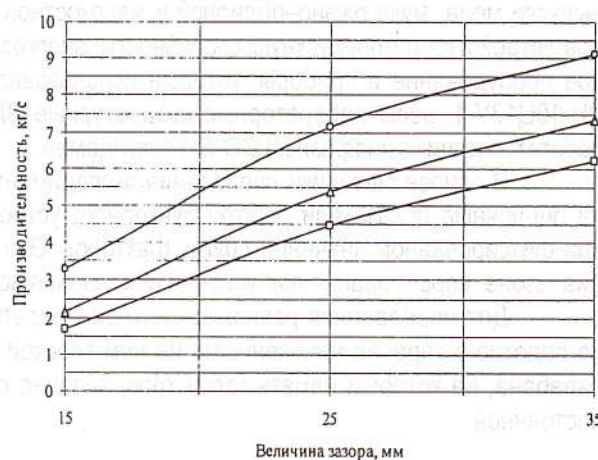


Рис. 6. График зависимости производительности от величины зазора

Анализируя результаты экспериментальных исследований, были сделаны следующие выводы:

- производительность (рис.6) увеличивается с увеличением зазора при одной и той же скорости движения рабочих органов вне зависимости от физико-механических свойств материала;
- с увеличением зазора удельные энергозатраты снижаются (рис.3) по причине уменьшения помех в виде высыпавшегося груза при движении сводоразрушителя;
- мел и мука являются хорошо связными грузами и для их истечения постоянно необходимо побуждение, именно этим объясняется то, что при зазоре в 15 мм при максимальной скорости сводоразрушителя производительность снижается (рабочие органы быстро двигаются и создают препятствия для истечения материала), оптимальная производительность при скорости рабочих органов 30 м/с (рис.4);
- мяскостная мука менее связный материал – при встрече с рабочим органом свод не образуется, и материал продолжает выгружаться – с увеличением скорости производительность повышается (рис.4);
- пик удельных энергозатрат (рис. 5) приходится на скорость рабочих органов 30 м/с, связано это с тем, что рабочие органы при своём движении каждый раз подрезают опору свода уплотнённого слоя, последующее снижение энергозатрат обусловлено тем, что сводоразрушитель движется в неуспевшем высыпаться, разрыхлённом материале.

Таким образом, исследования, направленные на обеспечение равномерного регулируемого выпуска материала из бункера, рационально сочетающего гравитационное истечение с принудительным выпуском, являются актуальными, позволяющими улучшить ресурсосберегающие показатели процесса выпуска труднотекучих компонентов комбикорма бункером с донными щелевыми отверстиями и механическим сводообрушителем.

Рассмотрен актуальный вопрос переработки на пресс-экструдере семян рапса в жмых и шрот для полноценного кормления сельскохозяйственных животных.

Развитие интенсивного животноводства предъявляет все возрастающий спрос на корма, полноценное по содержанию питательных веществ. Кормовой рацион, обеспеченный биологически полноценными белками - требование современного высокопродуктивного животноводства. Белковая и аминокислотная недостаточность кормовых - главная причина низкой продуктивности животных и вызывающий значительный перерасход кормов.

Известно, что источниками кормового белка являются, прежде всего, корма растительного происхождения, среди которых преобладают пастбищные корма, сено, силос, летние зеленые корма (свыше 60% белка), затем концентрированные (27%), в которых определенную долю занимают жмыхи, микробный белок, кормовые дрожжи и корма животного происхождения. Особую группу представляют азотистые синтетические соединения (мочевина, сульфат аммония, аммиачная вода, синтетические аминокислоты), завоевывающие свое место в кормовом балансе в последние годы.

Главным видом концентрированных кормов в животноводстве является зерно. Известно, что обилие зерна и растительного белка еще не решат, всей проблемы рационального кормления животных и не обеспечивает получения всех нужных животному элементов питания.

Ставится задача: производства культур, которые содержат большое количество полноценного белка и энергии (рапса, подсолнечника, сои, сурепицы и т.д.).

Рапс - одна из основных масличных культур, которая по объемам производства и потребления масла занимает пятое место в мире после сои, хлопчатника, арахиса и подсолнечника. Из неё получают масло, а продукты переработки (жмыхи и шроты) используют в кормлении животных. Возрастающая популярность рапса обусловлена возможностью удовлетворить постоянно увеличивающуюся потребность в жирах растительного происхождения и кормах для животноводства.

Рапсовое масло (с минимальным количеством эруковой кислоты) по действию на организм аналогично арахисовому, успешно применяют в пищу. Масло, полученное из высокоэруковых сортов рапса, содержит до 56% эруковой кислоты, 8,2-24,0 линолевой, 4,2-17,1 линоленовой и 12,4-18,7% олеиновой. Количество эфирного масла на абсолютно сухое вещество равно 0,10-1,16%. Оно слабо высыхающее. Цвет сырого масла темно-зеленоватый, а после рафинации светло-желтый. Температура застывания от 0 до 10 °С.

В масле из низко эруковых сортов рапса преобладает олеиновая кислота и незначительное количество других отрицательных компонентов.

Рапсовый шрот с незначительным содержанием глюкозинолатов используют для кормления всех сельскохозяйственных животных.

В жмыхах и шротах рапса содержится до 40% протеина (белка), органического фосфора, кальция и других элементов. По аминокислотному составу они близки к белкам сои.

В настоящее время процесс переработки семян рапса находит широкое применение перед скормливанием их сельскохозяйственным животным. Главное в процессе переработки семян рапса - отделить масло и преобразовать сложные биополимеры полученного продукта (жмыха) в форму более доступную для организма.

Первоначально в семенах рапса определили содержание протеина, клетчатки, кальция, фосфора, жира и аминокислот.

Данные показывают, что во влажном зерне рапса (влажность 9,0 %), содержалось протеина 21,7%, жира 36,1%, клетчатки 5,84%, кальция 0,48%, фосфора 0,67%, аминокислот: треонина 0,91%; лизина 0,85%; метионина 0,61%; валина 0,59 %; изолейцина 0,53%; лейцина 1,02%; фенилаланина 0,81%; гистидина 0,74%; аргинина 1,21%.

Затем семена рапса пропускали через пресс-камеру ПМ - 3 (рис. 1), смонтированный на пресс-экструдере КМЗ-2У. После последовательного включения основного привода и привода дозатора, семена транспортируются в шнековую часть машины и далее в зерновую часть пресс - камеры. Внутри зерновой камеры семена измельчаются, подвергаются тепловой обработке под давлением. Разогрев производится за счет сильного внутреннего трения в семенах и трения материала о шнек и корпус. В результате давления, создаваемого шнеком в зерновой камере, происходит сжатие масла, которое просачивается сквозь зазоры между зерновыми планками и стекает по лотку в тару. Жмых выдавливается через кольцевой зазор между шайбой 6

и гайкой 1 наружу. Величина кольцевого зазора, а вместе с этим и давление в пресс камере, регулируется поворотом гайки 1 (рис. 1)

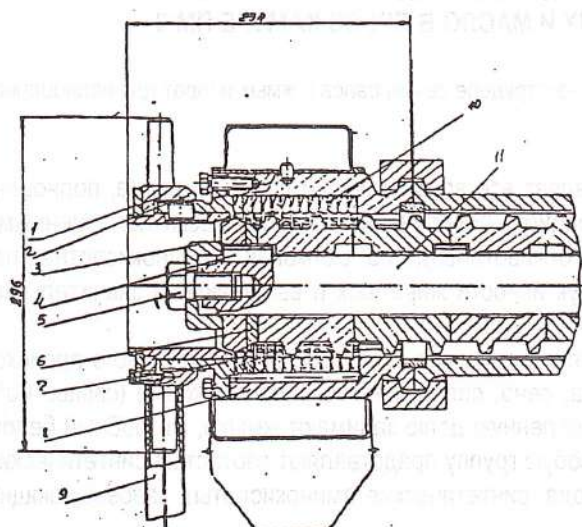


Рис. 1. Приставка ПМ-3: 1 – гайка, 2 – втулка, 3 – концевая шайба, 4 – шпонка, 5 – болт, 6 – шайба, 7 – флянец, 8 – корпус, 9 – удлинители, 10 – зерный кольцо, 11 – вал

Основные показатели приставки ПМ-3

Производительность кг/ч	
- по семенам рапса	300
- по семенам подсолнечника	290
Рабочая температура пресс – камеры, °С	80 - 120
Длина зерного цилиндра, мм	214
Масса, кг	98
Остаток масла в жмыхе, %	24

Выделение масла сквозь щели в зерных планках начинается после прогрева корпуса камеры до 70-90°C. В целях более быстрого разогрева камеры рекомендуется использовать сухой жмых, который засыпается в приемный лоток вручную. После прогрева камеры (признаком сложит выделение масла) включают подачу семян. Гайка 1 должна быть закручена, недоворачивая до упора на 1-1,5 оборота. После стабилизации процесса производят регулировку толщины выходящего жома путем изменения кольцевого зазора.

Полученный после сжатия жмых является ценным кормом готовым к употреблению. Нами были проведены зоотехнические анализы данного жмыха. В нем содержится протеина 26,14%, клетчатки 5,15%, кальция 0,50%, фосфора 0,83% жира 28,8%, аминокислот: треонина 1,07%; лизина 1,26%; метонина 0,77%; валина 0,99%; изолейцина 0,87%; лейцина 1,62%; фениланина 1,48%; гистидина 1,06%; аргенина 1,22%.

Зерно рапса, проходя через пресс-камеру ПМ-3 пресс-экструдера КМЗ-2У, претерпевает сложные структурные изменения, т.к. белок переходит в более доступную для организма форму, в результате чего повышается биологическая его полноценность.

Полученный жмых лучше усваивается животными, является источником полноценного белка и может использоваться в качестве компонента заменяющего белки животного происхождения в рационах крупного рогатого скота, свиней и птицы.

В процессе дальнейших испытаний приставок ПМ-2: ПМ-2А: ПМ-3 и ПК-200, мы проанализировали степень изменчивости аминокислотного состава жмыха в зависимости от производительности вышеперечисленных установок и влажности исходного материала (рапса).

Через перечисленные приставки пропускали рапс влажностью от 6,1-7,2 и 9%.

Анализ жмыха показали, что оптимальная влажность рапса перед его обработкой должна быть 9%. Количество критических аминокислот треонина, валина, изолейцина, лейцина, лизина, гистидина, аргенина при данной влажности содержалось больше, чем в шроте с влажностью 7,2%

Этот момент имеет большое значение т.к. дополнительная сушка рапса значительно увеличивает энергозатраты и соответственно себестоимость.

Таблица 1

Процентное содержание аминокислот в семенах рапса и жмыха при производительности установок 200 кг/ч

Марка установки	Вид продукта	Влажность %	Производительность кг/ч	Содержание аминокислот								
				Треонин	Валин	Метонин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Гистидин	Лизин	Аргенин
ПМ-3	Жмых	9	200	0,61	0,50	0,33	0,44	0,91	0,39	0,78	0,92	0,87
ПМ-2	Жмых	9	200	0,52	0,34	0,31	0,33	0,72	0,52	0,61	0,55	0,71
ПМ-2А	Жмых	9	200	0,51	0,41	0,26	0,35	0,74	0,54	0,59	0,75	0,74
ПК-200	Жмых	9	200	0,54	0,42	0,29	0,36	0,80	0,59	0,64	0,71	0,62
Рапс	Жмых	9	200	0,42	0,34	0,27	0,30	0,63	0,17	0,53	0,61	0,61

Все вышеперечисленные приставки были настроены на производительность 200 кг/ч и пропускали через них рапс с влажностью 9,0%. В результате чего получали жмых, в которых определили количество аминокислот в процентном отношении (табл. 1).

Таблица 2

Процентное содержание аминокислот в семенах рапса и жмыха при производительности установок 200 кг/ч

Марка установок	Вид продукта	Влажность %	Производительность кг/ч	Содержание аминокислот								
				Теронин	Валин	Метонин	Изолейцин	Лейцин	Фенилаланин	Гистидин	Лизин	Аргенин
ПМ-2	Жмых	9	150	0,47	0,38	0,24	0,31	0,70	0,50	0,60	0,71	0,65
ПМ-2А	Жмых	9	150	0,46	0,36	0,29	0,30	0,71	0,50	0,60	0,68	0,66
ПК-200	Жмых	9	150	0,52	0,41	0,29	0,32	0,76	0,52	0,48	0,72	0,66
Рапс	Жмых	9	150	0,42	0,34	0,27	0,30	0,63	0,17	0,53	0,61	0,61

Процентное содержание аминокислот в семенах рапса и жмыха при производительности установок 150 кг/ч показано в таблице 2.

УДК 631.363, УДК 621.646.7

Мальцев Г.С., Мосина Н.Н.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ КВАЛИМЕТРИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАБОТЫ ДОЗИРУЮЩЕ-СМЕШИВАЮЩИХ СИСТЕМ

Рассмотрена возможность сравнения дозирующе-смешивающих устройств с помощью методов квалиметрии путём определения обобщённого показателя, включающего в себя основные параметры таких устройств: точность дозирования, качество смешивания и удельные энергозатраты.

Для сравнения эффективности процессов приготовления кормосмеси, выполняемых различными машинами, имеющими различную конструкцию, отличающиеся по схемам технологических процессов можно использовать обобщённый показатель, дающий количественную оценку всех качеств машины и позволяющий в некоторой степени классифицировать машины, а также указать, какая машина наиболее эффективна.

Представление исследуемого процесса в виде параметрической модели и ее анализ позволяет выделить критерии оценки качества процесса, или показатели качества [2]. Используем методы квалиметрии [1] для количественной оценки качества процесса дозирования - смешивания.

В соответствии с методом, сначала устанавливаем перечень единичных показателей, определяющих качество процесса, и определяем диапазон изменения их значений (табл.).

Таблица

Единичные показатели и диапазон их варьирования

Единичные показатели	q_i	q_i^{6p}	q_i^{2m}
Точность дозирования, %	0...5	5	0
Качество смешивания, %	0,8...1	0,8	1
Удельные затраты энергии, кВт/т	0,25...0,5	0,5	0,25

Проводим нормирование значений этих показателей по следующей формуле:

$$KC_i = \frac{q_i - q_i^{6p}}{q_i^{2m} - q_i^{6p}}, \quad (1)$$

где KC_i – значение i -го показателя качества готовой смеси в относительных единицах (относительный показатель); q_i , q_i^{6p} , q_i^{2m} – соответственно текущее (действующее), браковочное и эталонное значения i -го показателя в натуральных единицах.

Благодаря нормированию по формуле (1), значение показателя KC_i является безразмерной величиной, заключенной в интервале $0 \leq KC_i \leq 1$.

Показатели q_i^{bp} и q_i^{zm} участвуют в формуле (1) таким образом, чтобы большее значение показателя KC_i соответствовало лучшему качеству оцениваемого процесса.

За эталонное значение q_i^{zm} принимаем лучшее значение показателя, определяемое экспертной оценкой, выводом из теоретических исследований, или – где возможно – идеально лучшее значение.

В качестве браковочного q_i^{bp} принимаем такое значение показателя, начиная с которого все другие, еще худшие значения, оцениваются одинаковым показателем $KC_i = 0$. То есть, оцениваемый объект перестает удовлетворять необходимым требованиям, бракуется.

После определения всех единичных показателей качества, находим обобщенный показатель качества по формуле

$$KC = \sum_{i=1}^n \alpha_i KC_i, \quad (2)$$

где α_i – весомость (значимость) i -го показателя, безразмерная неотрицательная величина;

n – количество единичных показателей качества, участвующих в оценке.

Используя метод предельно допустимых значений показателей, определяем весомость по формуле:

$$\alpha_i = \frac{\lambda}{1 - KC_i}, \quad (3)$$

где λ – параметр, не зависящий от i .

Параметр λ определяется из условия нормирования. Обычно условие нормирования имеет вид

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1. \quad (4)$$

Выполнив в (4) суммирование и решая его относительно λ , находим

$$\lambda = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{1 - KC_i}}. \quad (5)$$

Подставив (5) в (3), получим

$$\alpha_i = \frac{1}{(1 - KC_i) \sum_{i=1}^n \frac{1}{1 - KC_i}}. \quad (6)$$

Окончательно, расчетная формула для обобщенного показателя качества имеет вид

$$KC = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{KC_i}{1 - KC_i}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{1 - KC_i}}. \quad (7)$$

Отметим, что после более детального исследования и улучшения понимания оцениваемого процесса, в рассмотрение можно включать неучтенные ранее единичные показатели, и получать более точную оценку.

Таким образом, вычисляя обобщенный показатель качества для различных условий проведения процесса дозирования-смешивания, можно выбрать оптимальный вариант, сравнивая полученные числовые значения показателей.

Для комбинированных систем, в которых присутствуют дозирование и смешивание, данная методика позволяет определить эффективность каждого процесса в отдельности. Для этого при определении обобщенного показателя будут учитываться только дозирование и смешивание и формула (7) запишется в следующем виде:

$$KC = \frac{\frac{D}{1-D} + \frac{C}{1-C}}{\frac{1}{1-D} + \frac{1}{1-C}}, \quad (8)$$

где D – точность дозирования, $0 \dots 1$;

C – эффективность процесса смешивания, $0 \dots 1$.

После преобразований имеем

$$KC = \frac{C - 2CD + D}{2 - C - D}. \quad (9)$$

При этом, экспериментально определив точность дозирования, качество готовой смеси и проведя их нормирование от 0 до 1, по следующей формуле можно определить эффективность процесса смешивания:

$$C = \frac{KC(2 - D) - D}{1 - 2D + KC}. \quad (10)$$

Библиографический список

1. Азгальдов В.В. Теория и практика оценки качества товаров. – М.: Экономика, 1982. – 256 с.
2. Мосина Н.Н. Оценка качества процесса загрузки бункера сыпучими компонентами комбикорма // Совершенствование машиноиспользования и технологических процессов в АПК: Сб. научн. тр. Поволжской межвузовской конференции. – Самара: СГСХА, 2002. – С.293-295.

УДК 631. 363. 6

Новиков В.В., Янзина Е.В.

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРОВ И ИХ НАСТРОЙКА

Приведены основные способы измерения параметров работы пресс-экструдеров и их настройка для получения высококачественных кормов сельскохозяйственным животным.

В современных условиях для приготовления высококачественных кормов для сельскохозяйственных животных используют пресс-экструдеры. Эти машины предназначены для производства взорванного зерна, а в комплекте со специальной маслоотделяющей приставкой – для переработки масличных культур.

При переработке зерна на экструдерах качество продукта должно соответствовать ТУ на готовый продукт как по степени взрыва (что легко контролировать и периодически измерять) так и другим показателям, например, степени декстринизации крахмала зерна.

Для достижения технологических требований, необходимы практически осуществимые и надежные способы быстрого регулирования качества взорванного продукта на выходе.

Возможными путями регулирования процесса экструдирования могут быть расход продукта, а также изменение сопротивления на выходе продукта из установки, что подтверждается анализом аналитических связей параметров пресс-экструдера.

В процессе работы пресс-экструдера оператор должен периодически производить контрольные проверки состава и плотности исходной смеси, производительности и качества получаемого продукта.

При определенной нагрузке электродвигателя дозатора (50; 100; 150 В) взвешивается масса исходной смеси, вышедшей из шнека дозатора в течение 3 мин. Полученный результат, умноженный на 20, дает часовой расход.

Для определения производительности пресс-экструдера построим график зависимости расхода исходной смеси от нагрузки электродвигателя дозатора.

График строится для каждого состава исходной смеси.

Для приведения производительности к условной плотности $\gamma_y = 0,65$ кг/л пользуются формулой:

$$G_{пр} = G_{зам} \frac{0,65}{\gamma_{зам}},$$

где $G_{пр}$ – приведенная производительность (часовой расход) при плотности исходной смеси $\gamma_y = 0,65$ кг/л, кг/ч; $G_{зам}$ – фактическая производительность, определенная по графику, кг/ч; $\gamma_{зам}$ – замеренная плотность исходной смеси, кг/л.

Плотность определяется взвешиванием исходной смеси в одном литре емкости. Засыпка емкости и взвешивание производятся в трех пробах, взятых на выходе из дозатора.

Искомая плотность определяется как среднеарифметическое значение трех измерений.

Настройку производительности производят изменением напряжения на якоре электродвигателя дозатора. Контроль напряжения производится вольтметром, установленным на пульте управления. Увеличение напряжения приводит к увеличению производительности, а уменьшение напряжения – к уменьшению производительности.

Нагрев массы в процессе экструдирования осуществляется равномерно, но достаточно интенсивно: за время прохождения массы по тракту экструдера до выхода (15...30 с) увеличение температуры составляет 110...120°C. При этом недопустимы местные подгорания продукта.

При таком характере процесса (и при толщине стальных стенок корпуса до 10...15 мм) быстрый и равномерный по объему нагрев продукта реально и рационально производить только за счет диссипации работы сил вязкости - внутреннего трения в самом продукте. Осуществление последнего возможно при достаточно высокой вязкости зерна в пластическом состоянии при обычной влажности 12...15%.

Аналитический анализ переработки зерна на экструдерах свидетельствует о том, что одним из действенных факторов регулирования нагрева могла быть также и влажность исходного сырья. Влажность зерна одновременно и однонаправленно влияет на диссипацию энергии за счет изменения вязкости и удельной теплоемкости.

Но в практических условиях фактор изменения влажности исходного сырья использовать для повышения эффективности процесса сложно. Эта технологическая операция, например, увлажнение с последующей отлежкой исходного сырья, может использоваться только как временная мера в том случае, когда влажность исходного зерна слишком низкая и возможные перегревы продукта невозможно компенсировать другими факторами. Перегревы приводят к неустойчивым режимам работы: громким хлопком (выстрелам) продукта и пара на выходе и разрыву непрерывности потока внутри из-за паровых «пробок» - пузырей. Это однозначно говорит о том, что давление пара в зерне (и в тракте) выше давления смеси (продукта). Паровые «пробки» препятствуют подводу энергии от вала шнеков к продукту и препятствуют созданию давления; неустойчивость в работе может развиваться «лавинообразно» до быстрого прекращения движения продукта по тракту.

Проверка температуры процесса экструдирования, обычно производится по показаниям милливольтметра, находящегося на панели управления.

Настройка температуры процесса и коэффициента взрыва зерна производится изменением площади выходного отверстия. Уменьшение площади выходного отверстия приводит к увеличению температуры продукта, увеличению коэффициента взрыва и наоборот, увеличение площади выходного отверстия приводит к уменьшению температуры продукта, уменьшению коэффициента взрыва.

Описанный выше способ настройки температуры является основным.

Таким образом, своевременные и точные измерения и настройки параметров работы пресс-экструдеров позволяет повысить качество приготавливаемого на них корма для сельскохозяйственных животных.

УДК 629.463.3

Мальков В.А.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО РАЗРУШЕНИЮ СЛЕЖАВШИХСЯ УДОБРЕНИЙ

Предложена методика проведения опытов по разрушению слежавшихся удобрений, которая включает определение влияния физико-механических свойств на слеживаемость, а также определение усилий для разрушения.

При разрушении слежавшихся минеральных удобрений наиболее существенное влияние на протекание процесса оказывают следующие физико-механические свойства: гранулометрический состав, влажность и слеживаемость (прочность слежавшихся удобрений).

Гранулометрический состав – содержание в полидисперсном удобрении частиц различных размеров, выраженное отношением массы частиц определенного размера к общей массе частиц (пробы) [1].

Аналитическую пробу массой 100 – 200 г для изучения гранулометрического состава минеральных удобрений получаем точечными пробами массой 200...300 г с последующей переработкой. Для этого точечные пробы отбираем из различных мест исходного материала по определенной схеме в зависимости от способа поставки и хранения удобрений. За единицу продукции Т принимаем любую упакованную продукцию, например, мешки, а для неупакованных (рассыпных) удобрений ее рассчитываем по формуле:

$$T = \frac{M}{50},$$

где М – масса продукта, кг; 50 – условная масса упакованной единицы, кг.

Необходимое и достаточное количество точечных проб принимаем равным пяти [2].

Отобранные пробы объединяем, тщательно перемешиваем и затем сокращаем до получения средних проб массой от 1 до 2,5 кг каждая. Полученную среднюю пробу делим описанным выше способом на аналитические пробы массой от 100 до 250 г каждая.

Определение гранулометрического состава заключается в разделении аналитической пробы удобрений на фракции с различным размером частиц путем рассева пробы на ситах с последовательно уменьшающимися отверстиями и вычислении массовой доли фракций, оставшихся на каждом сите. Рассев производится вручную в течение 2 мин при повороте сита 90° через каждые 20 с. При испытаниях применяются

сита с крупными отверстиями из решетных полотен по ГОСТ 214-83 типа 1 № 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70. Аналитическую пробу и остаток на ситах взвешиваем с погрешностью не более 0,1 г, используя технические весы РН-10Ц13У. Время рассева контролируем по секундомеру (ГОСТ 5072-79).

После проведения рассева с каждого сита отбирается остаток и взвешивается с погрешностью не более 0,1 г. Результат взвешивания записывается с точностью до первого десятичного знака. Частицы, застрявшие в ячейках сит, объединяются с надситовой фракцией.

Массовую долю фракции (Φ) в процентах вычисляем по формуле:

$$\Phi = \left(\frac{m_i}{m} \right) 100,$$

где m – масса аналитической пробы, г; m_i – масса фракции, г.

За результат испытания принимается среднее арифметическое двух параллельных определений. Результаты анализа округляются до целых чисел.

Влажность удобрений определяется в соответствии с требованиями ГОСТ 20915-75, пробу на влажность удобрений отбираем с различных мест исходного материала (не менее 5 мест) с таким расчетом, чтобы отобранные пробы были представительными. Масса каждой пробы была 40-60 г для того, чтобы можно было бы приготовить не менее двух навесок по 20-30 г. Пробы помещаются в бьюксы и доставляются в лабораторию. Перед сушкой удобрения разминаются (размалываются) до величины частиц размером не менее 3 мм, взвешивается навеска и затем помещается в сушильный шкаф и выдерживается:

- аммофос при температуре 105°C – 4 ч;
- нитроаммофос при температуре 105°C – 5ч;
- карбамид при температуре 105°C – 5ч.

После сушки навеска охлаждается при закрытом бьюксе и вновь взвешивается. Влажность удобрений в процентах определяется по формуле:

$$W = \left[\frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \right] 100,$$

где m_1 – масса сырой навески, г;

m_2 – масса высушенной навески, г.

Количество навесок в каждом опыте составляет не менее четырех.

Как уже было определено ранее, при хранении удобрений вследствие неудовлетворительных условий хранения, увеличения влажности и температурных колебаний сыпучие удобрения стягиваются в твердые агломераты с различной степенью прочности. Для определения слеживаемости (МПа, кгс/см²) вырезаются образцы удобрений размерами 20×20×25 мм и определяется усилие, при котором наступает разрушение образца.

Для этой цели используется разрушающая машина (рис.1) представляющая собой штатив 1, на котором установлен микрометрический винт 2, с воротком и шкалой для контроля перемещения нагрузочного пуансона 3. Исследуемый образец 4 располагается на предметном столике 5, закреплённом в верхней части кольца 6 предварительно оттарированного динамометра. Показания динамометра снимаются с индикатора часового типа 7.

Разрушение материала производится следующим образом: на предметный столик 4 строго по центру помещается исследуемый образец, затем вращением микрометрического винта 2 образец сжимается с фиксацией перемещения пуансона через 1 мм его осевого смещения и одновременной фиксации показаний динамометра 5 на индикаторе часового типа 6.

Тарировка динамометра производится при помощи грузов массой 2,5 кгс.

Деформация образца определяется по формуле:

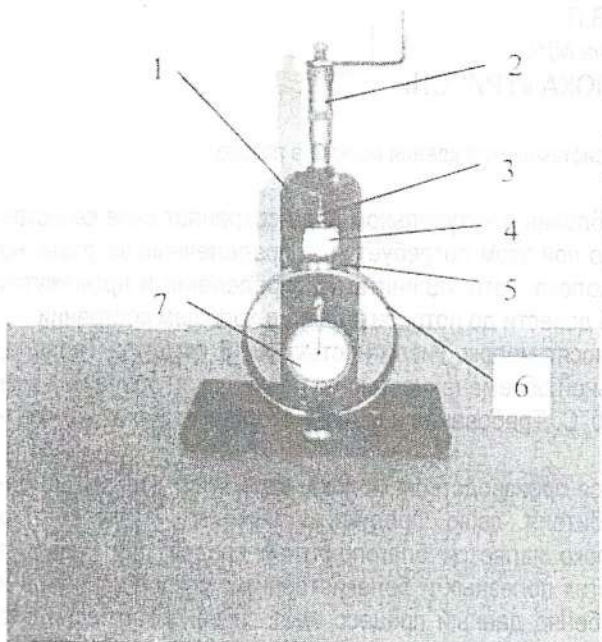


Рис. 1. Разрушающая машина:

- 1 – штатив; 2 – микрометрический винт с воротком и шкалой; 3 – нагрузочный пуансон; 4 – исследуемый образец; 5 – предметный столик; 6 – упругое кольцо динамометра; 7 – шкала динамометра

$$\Delta L = L - l,$$

где L - перемещение нагрузочного пуансона под воздействием микрометрического винта, мм; l - показания индикатора динамометра, мм.

Для удобства работы, с материалом исследований используя численные методы дифференцирования, находим усилие сжатия образца при увеличении деформации сжатия на 1...2 мм, среднеквадратичную величину усилия определяем по формуле:

$$P_{\text{ср.кв.}} = \sqrt{\frac{\sum P_n^2}{n}},$$

Относительная деформация ε определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L},$$

Модуль упругости E находится из выражения:

$$E = \frac{\Delta}{\varepsilon},$$

Напряжение сжатия образца определяется по результатам шести опытов.

Библиографический список

1. Назаров Н.Н. Измельчающе-сепарирующий рабочий орган для подготовки слежавшихся минеральных удобрений к внесению: Дисс. канд. техн. наук. – Новосибирск, 1996. – 166 с.
2. Методические указания по определению физико-механических свойств минеральных удобрений. – М.: ЦИНАО, 1979. – 48 с.

УДК 631.363.6

Надев В.П.

Поволжская МИС

ОХЛАДИТЕЛЬ МОЛОКА «ТРИТОН»

Рассмотрен актуальный вопрос совершенствования системы охлаждения молока в потоке.

Молоко с момента его производства и до потребления в натуральном виде сохраняет свое качества только при условии его обработки холодом. Естественно при этом потребуются определенные затраты, но они быстро окупятся. Основной задачей охлаждения молока - это удлинить на определенный промежуток времени бактерицидные свойства продукта и тем самым довести до потребителя ее в хорошем состоянии.

Согласно ГОСТ 13264-88 к первому сорту относят молоко кислотностью 16-18 градусов Тернера, чистотой по эталону не ниже первой группы, бактериальной обсемененностью по редуктазной пробе не ниже первого класса, температура которого не выше плюс 10°C. Требования к молоку второго сорта ниже, соответственно ниже и ее приемочная стоимость.

Все руководители хозяйств, которые занимаются производством молока, стремятся довести до потребителя свою продукцию высокого качества. Но

молоко является благоприятной средой для развития многих полезных и болезнетворных микроорганизмов и особенно данный процесс идет интенсивно, если оно имеет повышенную кислотность и температуру. Графическое изображение влияния температуры на развитие бактерий показано на рисунке 1.

Свежее молоко можно считать вполне хорошим по бактериальной чистоте, если в 1мл. содержится не более 200-300 тыс. микробов. Если в молоке микробов меньше этой величины, оно считается исключительно чистым.

С 1 января 2004года на территории России введен действие другой ГОСТ Р 52054 «Молоко нату-

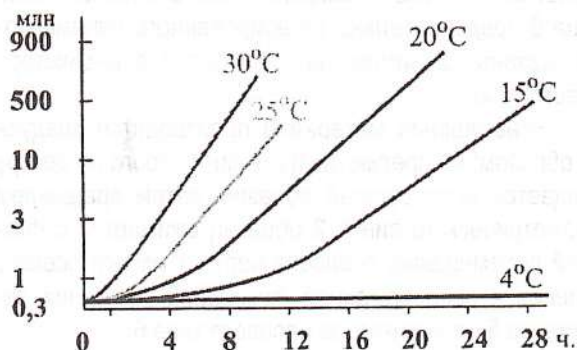


Рис. 1 Влияние температуры на развитие бактерий в сыром молоке

ральное коровье, сырье», который предъявляет очень высокие требования к качеству сырого молока. Соответственно встала необходимость об изготовлении оборудования, которое бы обеспечивало выполнение данных требований. Оно было изготовлено научно-производственной фирмой «Рифинг». Оборудование, которое успешно эксплуатируется во многих регионах страны.

Почему данная установка пользуется большим спросом?

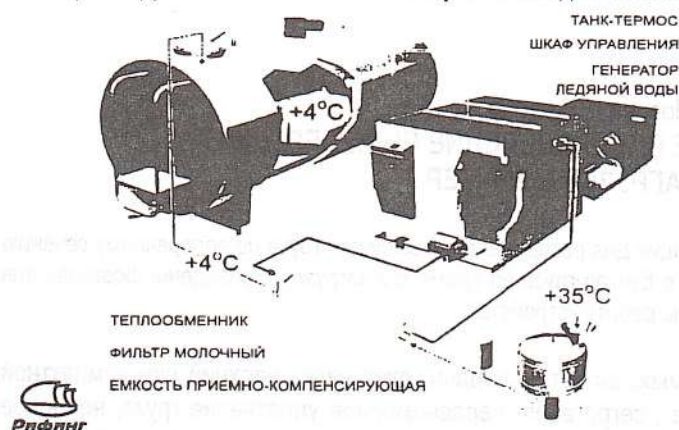
В подавляющем большинстве современных танков молоко охлаждается при прямом контакте с испарителем. Такие танки для охлаждения молока и называются «танки прямого охлаждения», т.е. компрессорно-конденсаторный агрегат обеспечивает циркуляцию фреона, который отбирает тепло от молока в испарителе и рассеивает его в окружающую среду через конденсатор. Но конструктивное исполнение данных танков не позволяет полностью выполнять требования новых стандартов качества сырого молока.

Во-первых, время его охлаждения с 35 до 4°C в лучшем случае по данным испытаний составляет 2-3 часа, что слишком долго (бактериальная обсемененность за это время возрастает в десятки и сотни раз).

Во-вторых, данную установку включают в работу после заполнения половины объема танка, иначе при минусовой температуре всегда есть риск подморозить молоко, если заполнена только часть ее.

В-третьих, смешивание теплого молока, поступающего в танк, с холодным, который уже находится там, повышает титруемую кислотность и нарушает белковые и жировые структуры, и.т.д.

Способ охлаждения в потоке не имеет этих недостатков. Молоко, поступающее из доильной системы фильтруется и за считанные минуты охлаждается с 35 до 4°C (рис. 2).



В комплект установки входят:

- емкость приемо-компенсирующая;
- фильтр молочный;
- теплообменник;
- генератор ледяной воды;
- шкафа управления;
- танка- термоса с устройством промывки.

Принцип охлаждения сводится к следующему. Молоко, поступающее из доильной системы, поступает приемо-компенсирующую емкость, на стенке, которой установлены датчики уровня жидкости, которые подают команды на включение и выключение насосов молока и ледяной воды. По заполнении бака

После компенсирующей емкости молоко насосом прокачивается через фильтр тонкой очистки, где находятся два цилиндрических щелевых фильтрующих элемента с размерами щелей 120 и 70 мкм.

После фильтра тонкой очистки молоко перекачивается в высокоэффективный пластинчатый теплообменник. Проходя через тонкие зазоры между пластинами, оно охлаждается встречным потоком ледяной воды, омывающей другую сторону пластин. При этом полностью исключен риск

Рис.2. Установки охлаждения и хранения молока серия «Тритон»

молоком до уровня верхнего датчика (-110 л) - насосы включаются. Как только уровень молока в баке достигнет нижнего датчика (-40 л) - насосы выключаются (рис. 3).



Рис.3. Сравнительная скорость охлаждения для двух способов замораживания молока, так как в качестве хладагента используется вода. Огромная площадь теплообмена (3 м³) и высокая скорость потоков жидкости по обе стороны пластин позволяют за очень короткое время охладить молоко.

Генератор ледяной воды представляет нержавеющая емкость, наполненная водой, в которую погружен испаритель - восемь ярусов спиралей, выполненных из медных трубок. На трубах посредством работы фреонового холодильного агрегата намораживается лед, создавая «запас холода» и поддерживая температуру охлажденной воды около 0°C.

Система управления задает режимы работы установки - контролирует количество намораживаемо-

го льда, включает и выключает насосы во время приема молока и мойки.

Танк - термос выполнен в виде теплоизолированного бака цилиндрической формы.

На термосе закреплен и подключен к системе водоснабжения с горячей и холодной водой автомат промывки «Муссон».

Основные технические параметры

Наименование параметра	Значение параметра
Объемная емкость хранения молока, л не более	3000
Начальная температура молока, поступающего в установку, °С не более	+35
Температура молока поступающего в емкость после охлаждения °С	+4 ±2
Время охлаждения молока до температуры +4 ±2 ОС, отсчитываемого от момента включения насоса до появления молока в емкости хранения, с не более	12
Продолжительность непрерывной работы мешалки в режиме хранения, мин	2
Установленная мощность, кВт, не более	17
Температура моющих растворов, °С, не более	70
Габаритные размеры: длина х ширина х высота	4х4х 2
Масса, кг не более	1500

УДК 631.242.3+631.563.5

Мосина Н.Н.

УСТРОЙСТВА, УЛУЧШАЮЩИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СЫПУЧЕГО ГРУЗА ПРИ ЕГО ЗАГРУЗКЕ В БУНКЕР

Рассмотрены варианты устройств, использующих для распределения сыпучего груза по поперечному сечению бункера механическую энергию самого поступающего в бункер груза во время его загрузки. Приведены формулы для определения параметров, обеспечивающих нормальную работу устройств.

Распространённый способ заполнения ёмкостей путём подачи груза через верхний люк компактной струей имеет существенные недостатки, такие как, сегрегация, неравномерное уплотнение груза, неполное использование объёма хранилища. Одним из оптимальных способов заполнения ёмкости следует считать такой, при котором груз как можно более равномерно распределяется по поперечному сечению ёмкости в процессе загрузки от начала до конца. Такой способ снижает сегрегацию, увеличивает вместимость бункера, уменьшает уплотнение груза и таким образом способствует более длительному его хранению и стабилизации выпуска из бункера. В работе [1] показана возможность использования для этой цели потенциальной энергии загружаемого материала путём установки на пути движения компактной струи распределителя в виде пустотелого усечённого конуса или конуса с отверстиями на боковой поверхности.

Получены формулы, определяющие для конкретных условий, характеризующихся размерами бункера и физико-механическими свойствами груза, оптимальные параметры: диаметр и угол наклона образующей конуса, расположение его относительно загрузочной горловины. Испытания таких распределителей показали их работоспособность, а также выявили недостатки. Например, конус с отверстиями на боковой поверхности, для которого расчётом определены размеры отверстий и их координаты расположения на поверхности, может распределить груз достаточно равномерно по

поверхности насыпи, но только при одной заданной подаче. Достаточно изменить подачу в ту или иную сторону, как равномерность распределения нарушается. При уменьшении подачи груз сосредотачивается в центре бункера, а при увеличении – больше поступает к его стенкам. В результате анализа работы распределителей гравитационного типа разработаны улучшенные варианты распределителей.

Устройство, состоящее из набора усечённых пустотелых конусов (рис. 1), не имеет отмеченного выше недостатка, может работать

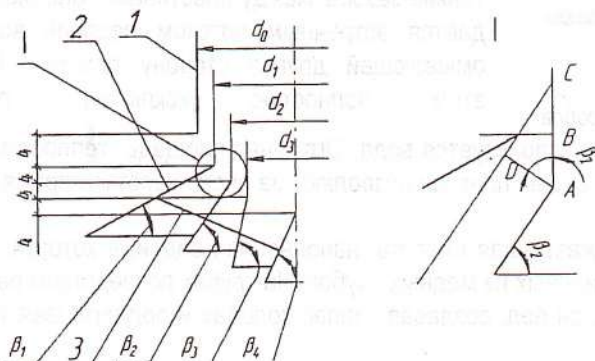


Рис.1. Схема распределителя потока сыпучего груза в виде набора конусов: 1 – загрузочная горловина; 2 – конус; 3 – проставка

совместно с дефлектором (при загрузке высоких бункеров-силосов), а также без него. Дефлектор представляет собой горизонтально расположенную решётку, составленную из вертикально установленных взаимно перпендикулярных пластин. Он расположен ниже распределителя и перекрывает всё поперечное сечение бункера.

Первый сверху конус имеет оптимальные параметры, обеспечивающие разброс груза на максимальное из необходимых в данных конкретных условиях расстояние от оси конуса, горловины и бункера. Второй конус установлен с помощью проставок 3 внутри первого с соблюдением определённого расстояния b_2 между ними и т.д. Последний конус может быть не усечённым (как показано на рис.1).

Параметры конусов выбраны таким образом, что сошедший с них сыпучий груз располагается на ниже установленном дефлекторе, на окружностях определённых радиусов, соответствующих нулям гауссовой квадратуры [2]. Условие попадания груза на окружность заданного радиуса обеспечивается главным образом изменением угла наклона β образующей конуса. Остальные параметры определяются по тем же формулам [1], что и для первого конуса.

Размеры малых диаметров d_i усечённых конусов должны обеспечить распределение подачи груза по конусам в соответствии с зависимостью

$$\sum \alpha_i = 1, \quad (1)$$

где $\alpha_i = Q_i/Q$ – доля подачи Q_i в общей подаче Q – подача груза, соответственно, равная сходу его с i -го конуса, и общая.

При проектировании конусов в соответствии с гауссовой квадратурой α_i легко определяются на основании весов гауссовой квадратуры, для которых составлены таблицы. Для нулей и весов гауссовой квадратуры в справочной литературе имеются таблицы, вычисленные с большой точностью [3].

Подача материала, проходящего по трубе, выражается формулой

$$Q = \frac{\pi d_0^2 v}{4}, \quad (2)$$

где d_0 – диаметр загрузочной горловины;

v – скорость потока.

Через отверстие диаметром d_1 подача должна быть на Q_1 меньше, то есть

$$\frac{\pi d_1^2 v}{4} = Q - Q_1, \quad (3)$$

или, с учётом (2)

$$\frac{\pi d_1^2 v}{4} = \frac{\pi d^2 v}{4} (1 - \alpha_1).$$

Из последнего выражения находим диаметр d_1 :

$$d_1 = d \sqrt{1 - \alpha_1}. \quad (4)$$

Для отверстия диаметром d_i формула имеет вид

$$d_i = d \sqrt{1 - \sum \alpha_i}. \quad (5)$$

Расстояние между конусами, обозначенное на рис.1 b_i , должно обеспечить свободный проход груза в пространство между конусами. Условие свободного прохода можно записать, например, для b_2 :

$$Q_2 \leq \pi d_2 l_{AD} v_{H2}, \quad (6)$$

где l_{AD} – длина стороны AD прямоугольного треугольника ADC (рис.1, вид I);

v_{H2} – начальная скорость движения груза по поверхности второго конуса.

Из построения на рисунке 1, вид I находим

$$CB = \frac{d_1 - d_2}{2} \operatorname{tg} \beta_2, \quad AC = b_2 + \frac{d_1 - d_2}{2} \operatorname{tg} \beta_2, \quad AD = AC \cos \beta_2.$$

Тогда после преобразований

$$l_{AD} = b_2 \cos \beta_2 + \frac{d_1 - d_2}{2} \sin \beta_2, \quad (7)$$

После подстановки (7) в (6) с учётом (2), и решения относительно b_2 имеем:

$$b_2 \geq \frac{d_0^2 \alpha_2 v - 2 d_2 v_{H2} (d_1 - d_2) \sin \beta_2}{4 d_2 v_{H2} \cos \beta_2}, \quad (8)$$

и для b_i

$$b_i \geq \frac{d_0^2 \alpha_i v - 2 d_i v_{H_i} (d_{i-1} - d_i) \sin \beta_i}{4 d_i v_{H_i} \cos \beta_i} \quad (9)$$

Другим вариантом распределителя является использование в качестве распределительного устройства поверхности вращения, образованной вращением вокруг вертикальной оси oz линии, лежащей в плоскости hoz . Пусть вместо образующей конуса AB выступает дуга ACB с радиусом кривизны ρ (рис.2).

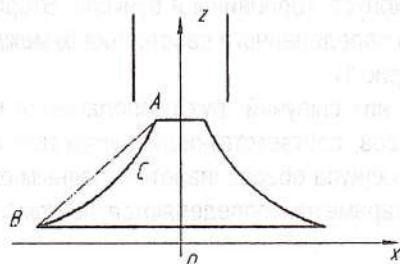


Рис.2. Схема распределителя в виде поверхности вращения: ACB — образующая поверхности вращения

В таком распределителе угол наклона его поверхности к горизонту изменяется на пути из т. A в т. B . После составления уравнения движения груза на элементарном участке поверхности и последующего интегрирования получена скорость схода груза с устройства, в т. B . Несмотря на то, что при движении по такой вогнутой поверхности в отличие от конусной поверхности выполняется работа сил трения, возникающих от центробежных сил, в целом эффект разброса груза оказывается выше. Это объясняется тем, что скорость груза в т. B оказывается под меньшим углом к горизонту, и в конечном итоге груз отбрасывается дальше.

Описанный вариант устройства обеспечивает больший разброс, и, следовательно, устройство может иметь меньшие размеры для обеспечения той же величины разброса, чем прямой конус. Этот вариант предпочтителен для тех ёмкостей, где значительную роль играет небольшой размер устройства — прежде всего для кузовов транспортных средств, вагонов, перевозящих зерновые грузы и компоненты комбикорма.

Ещё в качестве варианта отметим устройство по первому варианту, в котором первый (верхний) конус заменён на поверхность вращения по второму варианту. В результате сохраняются параметры распределителя по первому варианту, и уменьшается наружный диаметр.

Библиографический список

1. Горюшинский И.В., Мосина Н.Н. Оптимальные параметры распределителя загрузочного устройства // Тракторы и сельскохозяйственные машины. — 2002. — №12. — С.24-26.
2. Мосина Н.Н. Использование метода Гаусса при определении параметров устройства для загрузки бункеров // Совершенствование машиноиспользования и технологических процессов в АПК: Сб. научн. тр. Поволжской межвузовской конференции. — Самара: СГСХА, 2002. — С. 290-293.
3. Ланцош К. Практические методы прикладного анализа. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1961. — 524 с.

УДК 631.363

Денисов С.В.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКСТРУДИРУЕМОЙ СМЕСИ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Рассмотрена методика определения физико-механических свойств экструдированной смеси, предложена конструкция лабораторной установки для определения физико-механических свойств экструдированной смеси и приведен анализ экспериментальных данных.

При теоретических и экспериментальных исследованиях процесса экструзии важную роль имеет определение физико-механических свойств экструдированной смеси.

Важнейшими свойствами кормовой смеси при экструдировании является ее вязкость при температуре деформации с учетом давления, уплотнение, объемное сжатие, силы трения, возникающие между материалом, поверхностью цилиндра и шнека, а также температурное расширение.

В наших исследованиях физико-механические свойства экструдированной смеси определялись на специальной лабораторной установке, состоящей из рабочего цилиндра 1 (рис. 1), в котором перемещается поршень 2 со штоком 3. Нормальное давление на материал, помещенный в рабочий цилиндр 1, осуществляется сменными грузами. Исследуемая смесь при заданной влажности засыпалась в рабочий цилиндр, затем уплотнялась поршнем 2 до определенного давления при помощи грузов (на рисунке не показано).

При необходимости производился нагрев исследуемой смеси до заданной температуры, с помощью электроспираль 5, установленной вокруг рабочего цилиндра по всей его длине.

Для изоляции спирали от стального цилиндра и внешней изоляции была применена асбестовая

нить 4.

Температуру нагрева поддерживали постоянной с помощью электрошкафа 11 с электронным потенциометром ЭПВ 2-11А, датчиком температуры служила термопара.

При приложении нагрузки на поршень, происходит сжатие и уплотнение смеси.

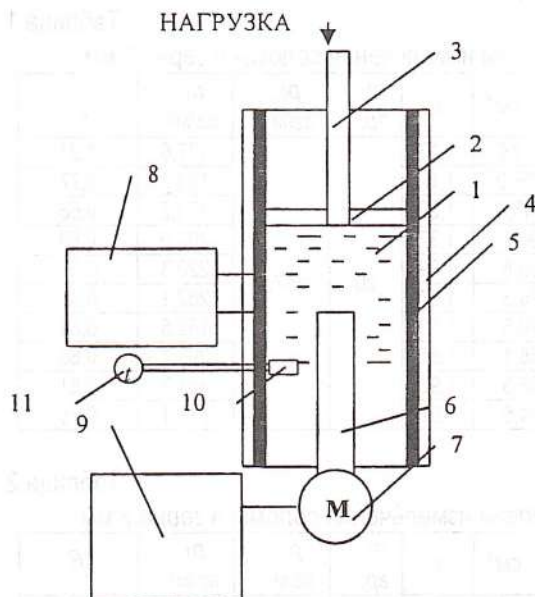


Рис.1. Лабораторная установка для определения физико-механических свойств: 1 – рабочий цилиндр; 2 – поршень; 3 – шток; 4 – асбестовая нить; 5 – электроспираль; 6 – ротор; 7 – электродвигатель; 8 – электрошкаф; 9 – пульт управления; 10 – термопара; 11 – термометр

Коэффициент объемного сжатия – это есть отношение относительного изменения объема к изменению давления, вызвавшего сжатия

$$\beta = -\frac{dV}{V} \frac{1}{dP}, \quad (1)$$

где V - объем рабочего цилиндра;

P - давление в смеси.

Выразим объем смеси как функцию давления

$$\frac{dV}{V} = -\beta dP. \quad (2)$$

Интегрируя, получим

$$\ln V = -\beta P + \ln C, \quad (3)$$

где C – постоянная интегрирования, ее значение определяется из граничных условий: при $P=0$; $V=V_0$ т.е. $C=V_0$

Тогда после потенцирования имеем

$$V = V_0 e^{-\beta P}. \quad (4)$$

Так как в опытах на лабораторной установке площадь поперечного сечения цилиндра остается постоянной ($V=Fl_0$), то

$$\beta = -\ln\left(1 - \frac{l_1}{l_0}\right) \frac{1}{P}, \quad (5)$$

где l_1 - величина хода поршня при приложении нагрузки; l_0 - общая длина хода поршня.

Таким образом, полученные значения позволяют определить коэффициенты объемного сжатия.

Зависимость остается справедливой и для удельного объема, так что можно записать функцию плотности смеси от давления

$$\rho = \rho_0 e^{\beta P}, \quad (6)$$

где ρ_0 - плотность при атмосферном давлении.

Степень сжатия смеси в цилиндре можно оценить отношением

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_0}. \quad (7)$$

Если объемная масса (плотность) смеси, помещенной в цилиндр, составит

$$\rho_0 = \frac{m}{Sl_0}, \quad (8)$$

то после уплотнения на величину l_1 , плотность смеси будет равна:

$$\rho = \frac{m}{S(l_0 - l_1)}. \quad (9)$$

Величина нормальной силы N_n в каждом опыте задается через независимую рычажную систему набором гирь и определяется по формуле:

$$N_n = \frac{G \cdot l_n}{l_y}, \quad (10)$$

где G – суммарная масса навесок, (Н); l_n – длина общего плеча; l_y – длина плеча упора.

Нормальное давление в смеси P_n определяется по формуле

$$P_n = \frac{N_n}{S}, \quad (11)$$

где S – площадь контакта, м².

Предварительно приготовленную исходную смесь, с влажностью 15 и 30%, засыпали в цилиндр

лабораторной установки и проводили опыты в трехкратной повторности, затем находили среднюю зависимость: коэффициента объемного сжатия; плотности; степени сжатия.

Расчет коэффициента объемного сжатия проводили по формуле (5), полученные значения коэффициента объемного сжатия; плотности; степени сжатия представлены в таблицах 1-4.

Таблица 1

Физико-механические свойства смеси при $W=15\%$ и степени измельчения соломы и зерна 2 мм

№ пп	N, Н	G, Н	P, МПа	S, см ²	l ₀ , см	l ₁ , см	V ₀ , см ³	V ₁ , см ³	ε	m, гр.	ρ ₀ , кг/м ³	ρ ₁ , кг/м ³	β
1	90,8	16	0,1	9,08	14,0	12,4	127,1	112,6	1,13	20	157,4	177,6	1,21
2	181,6	39	0,2			12,0		108,9	1,17			183,7	0,77
3	272,4	62	0,3			11,4		103,5	1,23			193,2	0,68
4	363,2	85	0,4			10,6		96,2	1,32			207,9	0,69
5	454,0	107	0,5			10,0		90,8	1,39			220,3	0,67
6	545	130	0,6			8,4		76,3	1,67			262,1	0,85
7	635,6	153	0,7			7,8		70,8	1,79			182,5	0,84
8	726,4	175	0,8			7,5		68,1	1,87			299,7	0,80
9	817,2	198	0,9			7,3		66,3	1,92			301,7	0,81
10	908,0	221	1,0			7,1		64,5	1,97			310,1	0,75

Таблица 2

Физико-механические свойства смеси при $W=30\%$ и степени измельчения соломы и зерна 2 мм

№ пп	N, Н	G, Н	P, МПа	S, см ²	l ₀ , см	l ₁ , см	V ₀ , см ³	V ₁ , см ³	ε	m, гр.	ρ ₀ , кг/м ³	ρ ₁ , кг/м ³	β
1	90,8	16	0,1	9,08	14,0	13,7	127,1	124,4	1,02	30	236,1	241,2	0,22
2	181,6	39	0,2			13,5		122,6	1,04			244,7	0,18
3	272,4	62	0,3			12,8		116,2	1,09			258,2	0,29
4	363,2	85	0,4			12,6		114,4	1,11			262,2	0,26
5	454,0	107	0,5			12,2		110,8	1,15			270,8	0,27
6	545,0	130	0,6			10,9		98,9	1,29			303,3	0,42
7	635,6	153	0,7			10		90,8	1,39			303,4	0,36
8	726,4	175	0,8			9,4		85,4	1,49			351,3	0,49
9	817,2	198	0,9			9,0		81,7	1,56			367,2	0,55
10	908,0	221	1,0			8,7		78,9	1,61			379,8	0,48

Таблица 3

Физико-механические свойства смеси при $W=15\%$ и степени измельчения соломы 10 мм

№ пп	N, Н	G, Н	P, МПа	S, см ²	l ₀ , см	l ₁ , см	V ₀ , см ³	V ₁ , см ³	ε	m, гр.	ρ ₀ , кг/м ³	ρ ₁ , кг/м ³	β
1	90,8	16	0,1	9,08	14,0	12,8	127,1	116,2	1,09	16	125,9	137,7	0,91
2	181,6	39	0,2			12,4		112,6	1,13			142,1	0,59
3	272,4	62	0,3			12,0		108,9	1,17			146,9	0,51
4	363,2	85	0,4			11,8		107,1	1,19			149,4	0,41
5	454,0	107	0,5			11,4		103,5	1,23			154,6	0,41
6	545	130	0,6			11,0		99,9	1,27			160,2	0,39
7	635,6	153	0,7			9,4		85,4	1,49			187,4	0,56
8	726,4	175	0,8			9,2		83,5	1,52			191,6	0,52
9	817,2	198	0,9			9,0		81,7	1,56			195,8	0,49
10	908,0	221	1,0			8,5		77,2	1,65			207,3	0,44

Таблица 4

Физико-механические свойства смеси при $W=30\%$ и степени измельчения соломы 10 мм

№ пп	N, Н	G, Н	P, МПа	S, см ²	l ₀ , см	l ₁ , см	V ₀ , см ³	V ₁ , см ³	ε	m, гр.	ρ ₀ , кг/м ³	ρ ₁ , кг/м ³	β
1	90,8	16	0,1	9,08	14,0	11,4	127,1	103,5	1,23	16	125,9	154,6	2,07
2	181,6	39	0,2			10,8		98,1	1,29			163,1	1,29
3	272,4	62	0,3			10,2		92,6	1,37			172,8	1,06
4	363,2	85	0,4			9,5		86,7	1,47			184,5	0,96
5	454,0	107	0,5			8,3		75,4	1,69			212,2	1,04
6	545	130	0,6			7,7		69,9	1,81			228,9	0,99
7	635,6	153	0,7			7,0		63,6	1,99			251,6	0,99
8	726,4	175	0,8			6,4		58,1	2,19			275,4	0,98
9	817,2	198	0,9			6,0		54,5	2,33			293,6	0,94
10	908,0	221	1,0			5,8		52,7	2,41			303,6	0,88

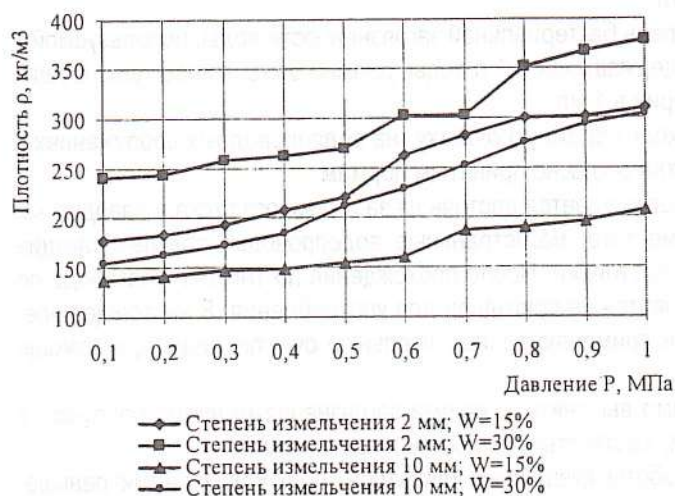


Рис. 2. Зависимость плотности смеси от давления в процессе экструзии

137,7...207,3 кг/м³; (влажность смеси 30%) находится в пределах 154,6...303,6 кг/м³;

Зависимость плотности от давления в процессе экструзии дана на рисунке 2. При этом аналитическое выражение экспериментальной зависимости плотности ρ от величины давления P имеет вид:

- степени измельчения соломы 2 мм: влажность смеси 15% $\rho = 157,4e^{0,81P}$; влажность смеси 30% $\rho = 236,1e^{0,35P}$;

- степени измельчения соломы 10 мм: влажность смеси 15% $\rho = 125,9e^{0,53P}$; влажность смеси 30% $\rho = 125,9e^{1,12P}$;

погрешность отклонений экспериментальных значений плотности смеси от вычисленных по формуле (6) не превышает 7%. Коэффициенты функции определены путем расчета по методу наименьших квадратов.

УДК 631.621.3

Карпов П.М., Бухвалов Г.С., Алехин С.В., Антонов М.В. К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Показана необходимость дополнительной очистки воды, подаваемой населению. Для этого нужно использовать бытовые фильтры, тип и конструкция которых зависят от того, с какими загрязнениями нужно бороться.

В жизни человека роль воды трудно переоценить. И не только потому, что тело человека на 70% состоит из воды. Она выступает в качестве проводника тепла, транспортного средства, растворителя и средства очистки организма. Некачественная вода в 80% заболеваний способствует их развитию, на 30% ускоряет процесс старения организма.

Пить химически грязную воду – это то же, что варить кашу на болотной жиже. А какую воду мы пьем? Весной паводки несут в водоемы грязь, накопившуюся в снегу, растворы удобрений, гербицидов. Осенью то же происходит из-за дождей. А «залповые» выбросы с промышленных предприятий, выхлопы машин вовсе не зависят от времени года и превращают воду в растворы химических веществ и зимой и летом. Кроме того, практически по всей России, чтобы убить вредные микроорганизмы, водопроводную воду хлорируют. В развитых странах ее озонируют. Хлорирование воды там запрещено, так как соединения хлора вредны для здоровья людей, а помимо того, вызывают коррозию водопроводных труб, из-за чего мы пьем ржавую воду.

Воду природных источников подвергают анализу на наличие в ней различных веществ и микроорганизмов. К качеству питьевой воды согласно ГОСТ «Питьевая вода» предъявляют определенные требования. Показатели качества воды должны соответствовать физическим, химическим и санитарным нормам.

Физические нормы ограничивают температуру воды, определяют ее цветность, мутность, запах и вкус.

Химические нормы определяются предельными концентрациями химических веществ (мг/л): железа 0,3, нитратов 10, сульфатов 500, хлоридов 350, фтора 0,7...1,5. Химическими нормами ограничивается также общая жесткость воды. Под жесткостью воды понимают количество мг.экв Са и Mg в 1 л воды. Об-

щая жесткость воды не должна превышать 7 мг.экв/л.

Санитарные нормы ограничивают степень бактериальной загрязненности воды, используемой в питьевых целях. Количество кишечных палочек, содержащихся в 1 л воды, должно быть менее трех. Общая бактериальная загрязненность - не более 100 бактерий в 1 мл.

Вода открытых природных источников проходит сложную очистку на водопроводных сооружениях и должна поступать населению с показателями качества согласно принятым нормам.

Однако, необходимого качества воды не всегда удается достичь из-за огромного стока в ливневый период или каких-либо «залповых» сбросов. Кроме того, магистральные водопроводы, обеспечивающие транзит воды до потребителя, находятся в плохом состоянии. После прохождения по таким трубам вода по целому ряду качественных показателей вновь становится не пригодной для употребления. В настоящее время все большее количество людей понимают это и применяют дополнительную очистку воды при помощи бытовых фильтров различных конструкций.

Прежде чем приобрести фильтр, необходимо выяснить, с какими загрязнениями нужно бороться: с избытком железа, хлора, нерастворимыми взвесями, жесткостью, запахами и привкусами.

Как показали результаты исследований работы кувшинных фильтров, полученные нами раньше, универсальных фильтров нет. В этом разобраться покупателю не представляется возможности, так как фирма-изготовитель фильтра не скупится на хвалу своего прибора в части получения с помощью его качественной, идеальной воды по всем требуемым нормам.

Полученные нами результаты исследований работы фильтров кувшинного типа «Гейзер», «Барьер» и «Аквафор» говорят о том, что ни один из них не снизил жесткость воды до нормы, а нитратов часто становилось больше, чем в образце. Кроме того, ни один из проверенных фильтров не выдержал заявленный изготовителем ресурс [1].

Все это говорит о том, что в конструкции и работе фильтров много недостатков, над устранением которых должны поработать изготовители. И это необходимо сделать, чтобы покупатель мог иметь действительно качественную воду.

Библиографический список

1. Карпов П.М., Бухвалов Г.С. Исследование эффективности некоторых бытовых фильтров для воды // Актуальные проблемы сельскохозяйственной науки и образования: Сб. научн. тр. II Международной научно-практической конференции. – Самара, 2005. – Вып. III. – С.268...270.

УДК 631.621.3

Бухвалов Г.С., Карпов П.М.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯМОТОЧНЫХ БЫТОВЫХ ФИЛЬТРОВ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

Представлены результаты исследований прямоточных фильтров типа «Гейзер – 1УЖ» и «Аквафор». Показатели качества воды улучшаются, но остаются на недостаточно высоком уровне.

Большой интерес в проблеме улучшения качества воды представляет работа прямоточных фильтров. Они имеют большую производительность, стационарно подключены к водопроводу, что удобно для включения фильтра в работу, имеют хороший ресурс.

С целью исследования работы прямоточных фильтров на кафедре изготовлена лабораторная установка (рис.1). Она состоит из емкости (трубы) 1, к которой через краны 3 и счетчики 5 присоединены фильтры 6. Давление фиксировалось с помощью манометра 2. Через кран 4 отбирались образцы неочищенной водопроводной воды.

Работает установка следующим образом. Вода из водопроводной сети через кран по шлангу подается в емкость 1. Емкость сделана достаточно большой, чтобы отбор воды на первый фильтр не оказывал влияния на величину отбора вторым фильтром. Количество пропускаемой воды через фильтры устанавливалось в соответствии с их техническими характеристиками при помощи кранов 3 и составляло 1,0...1,5 л/мин. Объем профильтрованной воды фиксировался счетчиками СХВ-15.

Все опыты проводились при постоянном давлении 80...100 кПа, которое фиксировалось манометром 2, а устанавливалось с помощью крана на водопроводной сети.

При проведении исследований использовались однотипные прямоточные фильтры «Аквафор-модерн» и «Гейзер-1 УЖ».

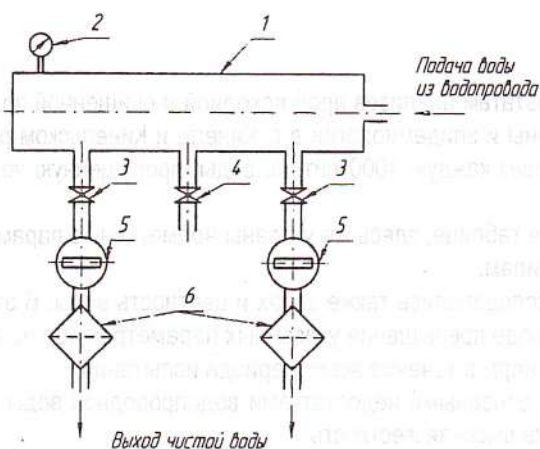


Рис. 1. Схема лабораторной установки:

1 – емкость (труба); 2 – манометр; 3 – кран для регулировки подачи; 4 – кран для отбора образцов воды; 5 – счетчик; 6 – фильтр

которого удаляются посторонние привкусы и неприятные запахи. Заявленный изготовителем ресурс данного фильтра составляет 25000 л, который обеспечивается возможностью многократного восстановления фильтрующей способности фильтропатрона в домашних условиях.

Фильтр «Аквафор-модерн» выпускается на предприятии ООО «Аквафор» г. Санкт-Петербурга и включает два фильтрующих модуля, один из которых заполнен активированным углем, а второй волокнистым сорбционным материалом «Аквален». Изготовитель гарантирует надежную очистку водопроводной воды от органических соединений, тяжелых металлов и других вредных примесей с ресурсом в 4000 литров.

Фильтр «Гейзер – 1УЖ» (изготовитель ООО «Акватория» г. Санкт-Петербург) предназначен для очистки и умягчения жесткой воды. Он также имеет две ступени очистки воды. Первая ступень включает в себя ионообменный фильтропатрон, который является не только высокоэффективным механическим фильтром, но и задерживает растворенные в воде хлор, железо, алюминий, свинец за счет химического связывания указанных примесей. Внутри этого фильтропатрона установлена внутренняя вставка с высококачественным коксовым активированным углем, с помощью ко-

Таблица

Показатели лабораторных испытаний проб воды

№ пробы	Место взятия пробы	Показатели								Заключение эксперта
		Азот аммиака, мг/л	Азот нитритов, мг/л	Азот нитратов, мг/л	Общая жесткость, моль/м ³	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л	Железо, мг/л	Остаточн. хлор, мг/л	
0	СанПин 2.1.4.1074-01	2,0	0,3	45,0	7,0	350	500	0,3	0,5	-
1	Вода из крана 2.02.06	1,55	0,02	17,6	12,1	54	600	3,8	0,3	Не соответствует
2	Аквафор новый	0,1	0,04	8,8	7,6	51	550	0,5	Не обнаружено	Не соответствует
3	Гейзер новый	0,1	0,008	8,8	5,9	51	500	0,3	Не обнаружено	Соответствует
4	Вода из крана 6.02.06	0,2	0,01	21,8	15,4	67	500	3,6	Не обнаружено	Не соответствует
5	Аквафор через 1000 л	0,1	0,8	17,5	13,3	51	500	0,4	Не обнаружено	Не соответствует
6	Гейзер через 1000 л	0,1	0,004	17,5	12,9	53	360	0,3	Не обнаружено	Не соответствует
7	Вода из крана 15.02.06	0,05	1,3	24,8	16,4	51	650	2,8	Не обнаружено	Не соответствует
8	Аквафор через 2000 л	Не обнаружено	1,8	17,6	14,8	50	600	0,15	Не обнаружено	Не соответствует
9	Гейзер через 2000 л	Не обнаружено	0,02	8,8	14,7	50	500	0,1	Не обнаружено	Не соответствует
10	Вода из крана 21.02.06	0,05	1,0	17,6	14,1	71	650	3,4	Не обнаружено	Не соответствует
11	Аквафор через 3000 л	Не обнаружено	0,2	4,4	13,1	49	500	0,15	Не обнаружено	Не соответствует
12	Гейзер через 3000 л	Не обнаружено	0,004	4,2	12,6	49	500	0,1	Не обнаружено	Не соответствует
13	Вода из крана 27.02.06	0,15	0,02	28,6	13,2	52	650	3,2	Не обнаружено	Не соответствует
14	Аквафор через 4000 л	Не обнаружено	1,2	17,6	11,4	31	600	0,15	Не обнаружено	Не соответствует
15	Гейзер через 4000 л	Не обнаружено	0,2	13,4	10,9	51	600	0,15	Не обнаружено	Не соответствует

Качество работы фильтров оценивалось по результатам анализов проб исходной и очищенной воды, выполненных в испытательной лаборатории центра гигиены и эпидемиологии в г. Кинеле и Кинельском районе. Пробы отбирались из водопровода и из фильтров через каждую 1000 литров воды, пропущенную через исследуемые фильтры.

Полученные результаты анализов представлены в таблице, здесь же указаны нормативные параметры качества питьевой воды по санитарным нормам и правилам.

Кроме представленных в таблице показателей исследовались также запах и цветность воды. В этом отношении следует отметить, что имевшиеся в исходной воде превышения указанных параметров оба исследуемых фильтра доводили до установленных санитарных норм в течение всего периода испытаний.

Как видно из представленных в таблице данных, основными недостатками водопроводной воды является чрезмерное содержание сульфатов, железа, а также высокая жесткость.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что фильтр «Аквафор-модерн» оказался не в состоянии довести исходную воду до санитарных требований. Причем по целому ряду показателей, а именно по содержанию сульфатов, железа, жесткости воды. Все эти параметры при работе данного фильтра снижаются, но все-таки остаются на недопустимо высоком уровне. Что касается азота нитритов, то использование фильтра «Аквафор-модерн» не снижает, а наоборот повышает их содержание в воде по сравнению с исходной водопроводной водой.

Качество работы фильтра «Гейзер- 1 УЖ» оказалось выше, чем у фильтра «Аквафор». Однако, если содержание в очищенной воде всех видов азота, хлоридов и железа существенно снижается, то содержание сульфатов балансирует на грани допустимого по санитарным нормам. Неприятно удивила невысокая способность фильтра «Гейзер» снижать жесткость водопроводной воды. Как видно из приведенных данных, только новый фильтр снизил жесткость до приемлемой величины, а во всех последующих пробах жесткость оказалась выше допустимой. И это притом, что испытаниям была подвержена модификация фильтра, специально предназначенная не только для очистки, но и для умягчения воды.

Следует отметить, что в процессе проведения испытаний фильтропатрон фильтра «Гейзер» неоднократно подвергался регенерации и очистке от солей жесткости. Указанные процедуры выполнялись через 400...1300 литров пропущенной через фильтр воды по мере снижения его пропускной способности и включали в себя, в соответствии с инструкцией по эксплуатации, кипячение в течение 30 минут в 10%-ом растворе лимонной кислоты и полоскание в 5%-ом растворе поваренной соли. Однако указанные мероприятия не позволили добиться желаемого результата.

Таким образом, полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что использование фильтра «Аквафор-модерн» не позволяет довести качество воды до требований Сан П и Н по целому ряду показателей. Фильтр «Гейзер- 1 УЖ» приводит в норму все качественные показатели водопроводной воды, кроме общей жесткости, однако затраты на его эксплуатацию несколько возрастают.

УДК 631.862.2:631.333.92

Кухарь А.А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ НА ФРАКЦИИ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ АПК

Рассмотрен вопрос представления процесса разделения на фракции отходов предприятий АПК в виде математической модели.

Существует несколько направлений по использованию и обработке жидкого навоза, предусматривающих разные цели: обработку для использования всего полученного объема навоза в растениеводстве; подготовку жидкой фракции и ее сброс в открытые водоемы или повторное применение для технических нужд – на рециркуляцию; использование питательных веществ, содержащихся в навозе, как кормовых добавок.

При получении больших объемов жидкого навоза его хранение и обработка существенно усложняются, и связаны с большими капитальными и эксплуатационными затратами.

В целях их снижения жидкий навоз разделяют на твердую и жидкую фракции. При этом сокращаются затраты на хранение, так как твердую фракцию складывают на площадках с твердым покрытием и через два-три месяца используют в качестве удобрения.

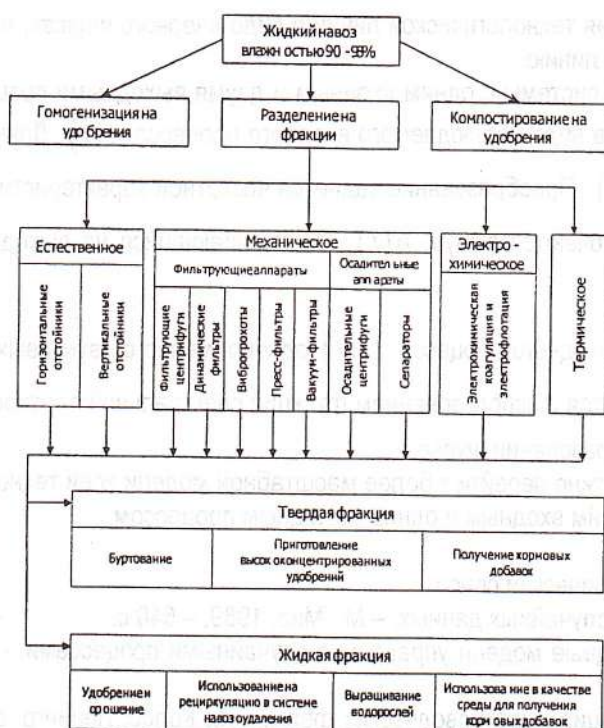


Рис. 1. Классификация основных видов переработки жидкого навоза

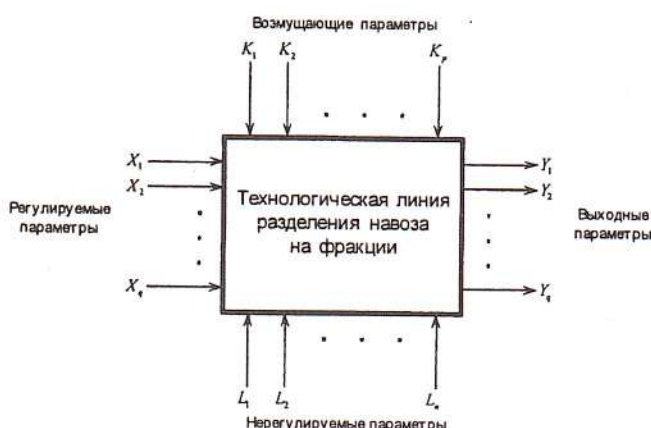


Схема с одним входом и двумя выходами

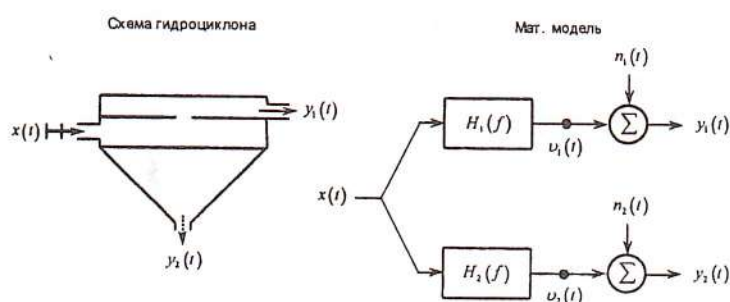


Рис. 2. Схематичное представление математической модели

Для того чтобы выяснить насколько качественно будет осуществляться разделение на фракции при различных настройках машин и пропускании через одно и то же оборудование разных видов навоза, нужна математическая модель линии разделения навоза на фракции, которая могла бы определить влияние каждого из исходных факторов на конечный результат.

Представление линии разделения навоза на фракции математической моделью.

Такую линию, в общем случае, можно представить в виде так называемого «черного ящика». На выходной параметр этой системы воздействуют регулируемые параметры $X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_q$, которые можно измерить и изменить по необходимости (поступление навоза, производительность машин); возмущающие параметры $K_1, K_2, \dots, K_r$, которые изменяются во времени непредсказуемо, случайным образом (забивание рабочих органов и т.п.); нерегулируемые параметры $L_1, L_2, \dots, L_n$, которые можно измерить, но на которые нельзя воздействовать в ходе процесса (влажность, температура навоза и т.п.).

Значения выходных параметров технологической линии $Y_1, Y_2, \dots, Y_q$ определяются суммарным воздействием регулируемых, возмущающих и нерегулируемых параметров.

Для упрощения данной системы на стадии проектирования сделаем следующие допущения:

- Примем неизменными показатели качества навоза, т.е. все $L = 0$;

- Возмущающие параметры (все K) отсутствуют, т.е. заданный технологический процесс не нарушается;

- В качестве регулируемых параметров принимаем производительность машин, мгновенные значения которых изменяются во времени, т.е. являются случайными функциями $x_1(t), x_2(t), \dots, x_i(t), \dots, x_q(t)$;

- В качестве выходных параметров примем мгновенные значения функции $Y(t)$ для конкретной (одной) смеси, оценивая отклонение входящих в нее компонентов (фракций?) от заданных норм.

Все рассуждения касающиеся представления технологической линии в виде «черного ящика», можно отнести и к отдельным машинам, входящим в эту линию.

Представим, например гидроциклон в виде системы с одним входным и двумя выходными процессами. Поступающий в него поток интерпретируется в виде наблюдаемого входного процесса $x(t)$. Данный поток преобразуется гидроциклоном в процесс $v(t)$. Преобразование задается частотной характеристикой $H(t)$. Все отклонения от идеальной модели включаются в шум $n(t)$, накладываемый на выходной процесс $y(t)$.

В этой системе можно измерять значения входного процесса $x(t)$ одновременно с двумя выходными $y_1(t)$ и $y_2(t)$. Дальнейший анализ проводится с использованием функций спектральной плотности, которые определяются с помощью финитных преобразований Фурье.

Имея одномерную модель гидроциклона, можно перейти к более масштабной модели всей технологической линии, представив ее в виде системы с одним входным и одним выходным процессом.

Библиографический список

1. Дж. Бендат, А. Пирсон. Прикладной анализ случайных данных. – М.: Мир, 1989. – 540 с.
2. Кондратенко Георгий Степанович. Прикладные модели управления случайными процессами. – М.: Машиностроение, 1993.-224с.
3. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос. Ленингр. отделение. 1978. – 560 с.

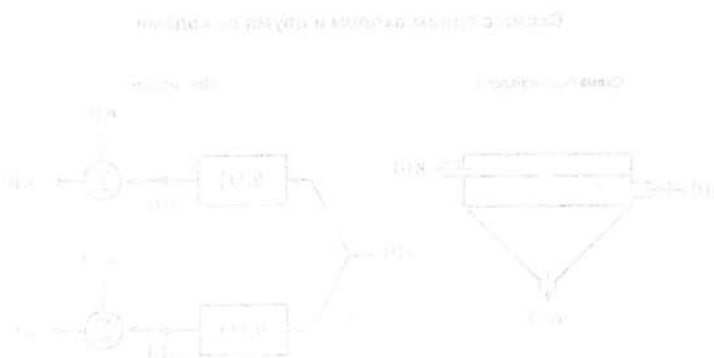
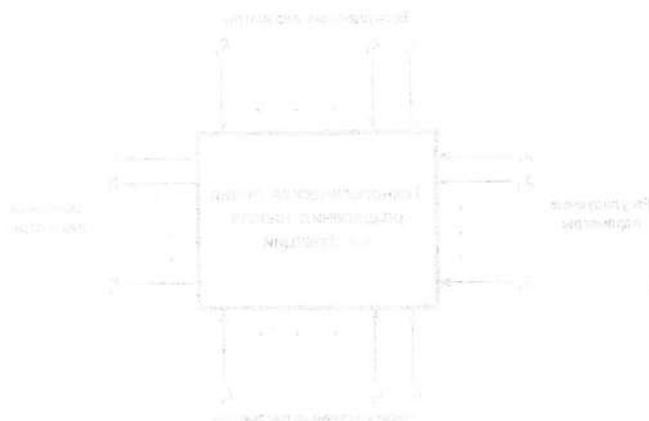


Рис. 2. Структурная схема системы управления гидроциклоном

СОДЕРЖАНИЕ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

Медведев А.А. (Поволжская МИС) Медведева А.А. (Самарская СГСХА) Техническая составляющая в ресурсосберегающих технологиях.....	3
Ленивцев Г.А., Володько О.С., Ленивцев А.Г. Взаимосвязь параметров динамических и трибологических систем машин и механизмов.....	7
Едуков Д.А. Омагниченные смазочные композиции на основе рапсового масла как альтернативный смазочный материал.....	13
Савинов Г.П., Плаксин В.Ф. Повышение энерго-экологичности питания двухтактных пусковых двигателей дизелей.....	15
Бутко А.В., Болдашев Г.И. Модернизация рабочего процесса бензиновых двигателей добавлением кислородосодержащих активаторов растительного происхождения в минеральное топливо.....	16
Быченин А.П., Болдашев Г.И. Обоснование режима износных испытаний смазочной композиции на роликовой машине трения.....	17
Бажутов Д.Н., Ленивцев Г.А. Пути повышения надежности тракторных гидросистем.....	20
Музыкантов И.П. Обеспечение эксплуатационной надежности тракторных силовых передач совершенствованием герметизирующих устройств.....	23
Воротягин М.И. Применение полимерных материалов при ремонте сельскохозяйственной техники, как способ ресурсосберегающей технологии.....	25
Галенко И.Ю., Ленивцев Г.А. Результаты сравнительных приработочных испытаний подшипников опорных катков трактора Т-4А на стенде.....	27
Левченко С.А., Егоров К.Д. (Саратовский ГАУ) Изменение макроагрегатного состава почвы по следам движителей трактора "Кировец", в зависимости от месторасположения центра тяжести.....	30
Миркин С.Н., Черябриков С.А. (Саратовский ГАУ) Влияние микропрофиля на буксование гусеничного движителя.....	32
Миркина Е.Н. (Саратовский ГАУ) Использование объемного гидропривода в сельскохозяйственном машиностроении.....	33
Медведева А.А. Схема обеспечения газомоторным топливом сельскохозяйственных потребителей.....	35
Мазанко В.Ф., Бевз В.П. (Институт металлофизики им. Г.В. Курдюмова НАН Украины), Миронов Д.В. (Самарская ГСХА), Герцрикен Д.С., Луценко Г.В. (Черкасский национальный университет им. Б. Хмельницкого) Миграция нерастворимых металлических примесей в металлах под действием тлеющего разряда.....	38
Митлина Л.А. (Самарский государственный технический университет), Миронов Д.В., Миронова О.А. (Самарская ГСХА) Локализация проникающих атомов в импульсно деформируемых металлах.....	42
Штеренберг А.М. (Самарский ГТУ), Миронов Д.В., Миронова Т.В. (Самарская ГСХА) Взаимодействие металлов с легкими элементами в условиях импульсных упругих деформаций.....	44
Миронов А.В., Миронова Т.Ф. Фазовые переходы в ферромагнитных системах.....	47
Кривченко А.Л., Петров Е.В. (Самарский ГТУ), Кирсанов Р.Г. (Самарская ГСХА) Механизмы взаимодействия потока частиц с преградой.....	49
Миронов В.М. (Самарская ГСХА), Коваль Ю.Н., Мазанко В.Ф., Герцрикен Д.С., Алексеева В.В. (Институт металлофизики НАН Украины, Самарский ГТУ) Влияние температуры мартенситного превращения на диффузионную подвижность атомов.....	51
Воротягин М.И. Размерный анализ коробок передач сельскохозяйственной техники.....	55
Митрофанов А.С., Мясников Б.Н. Влияние ремонтно-восстановительного состава «Форсан» на физико-механические параметры пары трения.....	57
Фролов Ю.Н. Общая классификация углеродистых чугунов.....	58
Черкашин Н.А., Шигаева В.В. Классификация методов упрочнения применяемых в машиностроение.....	61
Старцев С.В., Горбань Д.Г. (Саратовский ГАУ) Классификация способов улучшения сцепных свойств тракторов.....	63
Старцев С.В., Лысенков Д.И. (Саратовский ГАУ) Коэффициент использования приращения тяговой мощности трактора.....	65
Нижарадзе Т. С., Фирсов А. В. Электромагнитное излучение и его воздействие на биообъекты.....	67
Долгоруков Н.В. Вариационное описание необратимых процессов тепломассообмена.....	68

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Савельев Ю.А. Моделирование процесса уменьшения глубины уплотнения почвы.....	70
Савельев Ю.А. Теоретическое обоснование процесса уменьшения уплотняющего действия на почву ходовой системой прицепной сеялки.....	73
Крючин Н.П., Сафонов С.В. Разработка высевающего устройства сеялки для трудносыпучих посевных материалов.....	75
Петров А.М., Васильев С.А. Теоретические предпосылки к анализу процесса дозирования семян ленточно-дисковым высевающим аппаратом непрерывного действия.....	76
Ивженко С.А., Логинова И.Г. (Саратовский СГАУ) Пневматический высевающий аппарат для посева кукурузы.....	77
Плешков Е.Н., Шустов И.С. (Саратовский ГАУ) Определение необходимого разряжения в вакуумной камере пневматического высевающего аппарата.....	78
Ивженко С.А., Перетягко А.В., Кунташов А.М. (Саратовский ГАУ) Лаповый сошник с направителем-распределителем семян.....	79
Петров А.М., Петин А.В. Результаты полевых исследований высевающего аппарата для мелкосеменных культур с эластичным высевающим диском при посеве рапса.....	81
Артамонов Е.И., Гниломедов В.П. Исследование равномерности посева амаранта метельчатого при изменении скорости движения комбинированного агрегата.....	83
Кудрявцев И.В., Нестеров К.Г., Кулинич А.Н., Зубрилина Е.М. (Ставропольский ГАУ) Энергосберегающая технология и перспективы применения ее в России.....	85
Нестеров К.Г., Кудрявцев И.В., Кулинич А.Н., Зубрилина Е.М. (Ставропольский ГАУ) Анализ существующих конструкций сеялок для пропашных культур.....	87
Горшенин Д.Ю., Плешков Е.Н., Симдянкин А.А. (Саратовский ГАУ) Оптимизация рабочих органов с автоколебательным действием щелевателя пассивного типа.....	89
Бойков В.М., Бобков С.А., Пронин В.В. (Поволжская МИС) Обоснование технологических и конструктивных параметров новых рабочих органов для мелкой обработки почв в экстремальных условиях по влажности.....	91
Бойков В.М., Бобков С.А., Пронин В.В. (Поволжская МИС) Результаты исследований новых рабочих органов комбинированного типа.....	93
Мусин Р.М., Мингалимов Р.Р. Исследование и обоснование рабочих органов движителей с эксцентриковым барабаном.....	96
Мингалимов Р.Р. Общая методика экспериментальных исследований культиваторного агрегата с активным приводом опорных колес.....	98
Краснов С.В. Теоретическое обоснование анализу процесса дозирования семян высевающим аппаратом с эластичным диском.....	100
Архипова Т.Н., Гниломедов В.П. К вопросу о сравнительной оценке ухода за посевами пропашных культур (на примере сахарной свеклы) по типовой технологии и с применением направляющих щелей в условиях Самарской области.....	104
Сазонов М.В. (Поволжская МИС) Обоснование параметров культиватора для ухода за паровыми полями.....	108
Ларин Д. А., Плотников Ю. А. (Саратовский ГАУ) Коэффициенты восстановления при ударе семян основных культур, рекомендуемых для внутрипочвенного разбросного посева.....	111
Гниломедов В. Г., Афонин А.Е., Сазонов Д. С. Теоретическое обоснование кругового способа движения почвообрабатывающего агрегата – "конвертный".....	113
Сазонов Д. С. Сравнительная оценка кинематики агрегатов при глубоких обработках почвы.....	115
Старцев С.В., Сатыбаева Н. А. (Саратовский ГАУ) Обоснование параметров плуга с малой кинематической длиной.....	118
Старцев С.В., Сатыбаева Н. А. (Саратовский ГАУ) К вопросу теории кинематической длины пахотного агрегата.....	119
Калашник Н.В., Гниломедов В.Г. Исследование влияния способов внесения и заделки в почву минеральных удобрений на урожайность яровой и озимой пшеницы.....	121
Ишкин П.А. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного орудия для минимальной обработки почвы.....	123
Бармин Н.В., Переверзов В.Д., Крючин Н.П. Разработка сервопривода дистанционного управления устройствами дозирования семян и удобрений.....	125

Волосевич П.Н. (Саратовский ГАУ) Соотношение размеров клубней картофеля как обоснование формы и размеров отверстий калибрующих поверхностей картофелесортировальных машин.....	127
Волосевич П.Н. (Саратовский ГАУ) Теоретические основы технологического процесса калибрования клубней картофеля на решетках с отверстиями шестиугольной формы.....	129
Волосевич П.Н. (Саратовский ГАУ) Теоретическое описание контуров продольных и поперечных сечений клубней картофеля различных форм.....	131
Волосевич П.Н. (Саратовский ГАУ) Результаты экспериментальных исследований технологического процесса калибрования клубней картофеля решетками с шестиугольными отверстиями.....	133
Шляхов А.А. (Волгоградская ГСХА) Влияние характеристик почвы на тяговое сопротивление пахотного машинно-тракторного агрегата.....	135
Царев В.М. (Саратовский ГАУ) Передвижные комплексы – новое направление в переработке эфиромасличных растений.....	137
Ерзамаев М.П. Анализ технологий внесения органических удобрений.....	138
Кузнецова Г.С., Кузнецов С.А. Оптимальное комплектование агрегатов.....	140
Гниломёдов В.Г., Янзин В.М., Кузнецов С.А., Гужин И.Н. Обоснование системы технического сервиса машинно-технологических станций.....	142
Васильев С.И., Чернов В.П. Результаты исследования зависимости удельного сопротивления почвы от угла при вершине наконечника твердомера.....	144
Иваськевич А. В., Нугманов С. С. Определение влажности почвы в полевых условиях.....	146
Кулинич А.Н., Кудрявцев И.В., Нестеров К.Г., Зубрилина Е.М. (Ставропольский ГАУ) Основные тенденции развития техники для посева пропашных культур.....	148
Фатхутдинов М.Р. Следоразрыхлитель трактора класса 1,4 – 5 с комбинированным рабочим органом... ..	150
Савельев Ю.А., Фатхутдинов М.Р. Результаты экспериментальных исследований работы комбинированного рабочего органа следоразрыхлителя.....	152
Парфенов О.М., Бармин Н.В. Комплекс измерительных приборов и оборудования для определения твердости почвы.....	153
Гужин И.Н., Янзин В.М., Кузнецов С.А. Повышение эффективности снабжения нефтепродуктами техники МТС.....	154
Сыгуров П.Н., Меньшов М.В. Анализ особенностей распространения аэрозольного образования на наветренной стороне склона.....	156
Стоянов К.Ю. (Саратовский ГАУ) Приборы и оборудование для исследований физико-механических свойств семян амаранта.....	158
Бармин Н.В. Воздействие электрического поля промышленной частоты на семена сельскохозяйственных культур.....	159
Алмасова Г.З. Анализ описания математических методов характеризующих динамику сельскохозяйственных агрегатов.....	160
Иванов С.А., Русинов А.В., Пиннекер А.Ю. (Саратовский ГАУ) Пути повышения эффективности использования комбинированных агрегатов на базе трактора ЛТЗ-155.....	162
Слюсаренко В.В., Хабибов Ю.Р., Русинов А.В. (Саратовский ГАУ) Определение критериев сохранения плодородия почвы в процессе ее обработки.....	164
Слюсаренко В.В., Хабибов Ю.Р., Русинов А.В. (Саратовский ГАУ) Влияние корнеобитаемого слоя растений на тяговое сопротивление почвообрабатывающего агрегата.....	166
Иванов С.А., Русинов А.В. (Саратовский ГАУ) Влияние устройства для внесения удобрений на распределение массы трактора ЛТЗ-155 по осям.....	169
Слюсаренко В.В., Хабибов С.Р., Русинов А.В. (Саратовский ГАУ) Определение параметров надежности дождевальных машин.....	171
Слюсаренко В.В., Журавлева Л.А. (Саратовский ГАУ) Технологические особенности работы широкозахватных дождевальных машин и пути их совершенствования.....	173
Переверзов В.Д. Шубин Б.Д. Переверзов В.В. Способы измерения массового расхода жидкости.....	176
Слюсаренко В.В., Журавлева Л.А., Хабибов С.Р. (Саратовский ГАУ) Равномерность распределения дождя при ветре.....	179
Петрова С.С., Киров Ю.А. Инженерная графика на компьютере.....	180
Шигаева В.В., Макарова М.П. Значение и особенности применения обозначения шероховатости на чертежах.....	182
Артамонов Д.Е. Анализ причин дорожно-транспортных происшествий.....	184

МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ АПК

Фролов Н.В., Мальцев Г.С. Проектирование системы подвижных скребков дозатора-смесителя.....	187
Мосина Н.Н. Центробежный распределитель загружаемого в бункер сыпучего материала.....	189
Егорова А. А., Киров Ю.А. Теоретическое обоснование процесса обезвоживания стоков в гидроциклоне-сгустителе.....	191
Козлова Т.Ю., Киров Ю.А. Гидроциклон – сгуститель.....	193
Новиков В.В., Палагуто К.В., Мишанин А.Л. Методика определения теплоёмкости зерна.....	194
Косяненко А.А. Результаты экспериментальных исследований бункера с щелевым днищем.....	196
Надев В.П. (Поволжская МИС), Новиков В.В. (Самарская ГСХА) Переработка семян рапса на жмых и масло в пресс камере ПМ-3.....	199
Мальцев Г.С., Мосина Н.Н. Применение методов квалитметрии для оценки качества работы дозирующе-смешивающих систем.....	201
Новиков В.В., Янзина Е.В. Измерение параметров работы пресс-экструдеров и их настройка.....	203
Мальков В.А. Методика проведения опытов по разрушению слежавшихся удобрений.....	204
Надев В.П. (Поволжская МИС) Охладитель молока «Тритон».....	206
Мосина Н.Н. Устройства, улучшающие распределение сыпучего груза при его загрузке в бункер.....	208
Денисов С.В. Методика определения физико-механических свойств экструдированной смеси и анализ экспериментальных данных.....	210
Карпов П.М., Бухвалов Г.С., Алехин С.В., Антонов М.В. К вопросу очистки питьевой воды.....	213
Бухвалов Г.С., Карпов П.М. Исследование прямоточных бытовых фильтров водопроводной воды.....	214
Кухарь А.А. Моделирование процесса разделения на фракции отходов предприятий АПК.....	216

ИЗВЕСТИЯ
Самарской государственной
сельскохозяйственной академии

Выпуск 3/2006 г.

Подписано в печать 05.07.06 г.
Формат 60 x 84 1/4. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Объем 28 у. п. л. Заказ № 1147. Тираж 300 экз.
ОАО «СамВен-Кинель». Лицензия ПЛР № 060240 от 24.11.97 г.
г. Кинель, ул. Маяковского, 83-а.