

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Факультет «ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АПК»

Республиканское объединение «БЕЛАГРОСЕРВИС»



**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ  
НОВОЙ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ, ОРГАНИЗАЦИИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК**

Материалы Международной  
научно-практической конференции  
«Белагро-2018»

*(Минск, 7-8 июня 2018 года)*

Минск  
БГАТУ  
2018

УДК 631.173.4

**Современные** проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Белагро-2018» (Минск, 7–8 июня 2018 г.) / редкол.: Н. Н. Романюк [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 452 с. – ISBN 978-985-519-916-9.

Издание содержит результаты исследований ведущих специалистов и ученых из учреждений высшего образования, научных организаций и производственных предприятий агропромышленного комплекса Беларуси, России, Украины, Казахстана и других стран по проблемам освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в агропромышленном комплексе.

Сборник предназначен для инженерно-технических и научных работников, аспирантов, студентов и слушателей системы повышения квалификации и переподготовки управленческих кадров.

Редакционная коллегия:

*Романюк Н. Н.*, канд. техн. наук, доц., первый проректор УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» (научный редактор);

*Миранович А. В.*, канд. техн. наук, доц., декан факультета «Технический сервис в АПК» УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

*Акулович Л. М.*, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры технологии металлов УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»;

*Толочко Н. К.*, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры технологии металлов УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»

*Материалы опубликованы на языке оригинала с сохранением орфографии и пунктуации авторов. Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы.*

**ISBN 978-985-519-916-9**

© БГАТУ, 2018

### *Уважаемые участники конференции !*

Позвольте поздравить Вас с началом работы Международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК», ставшей традиционной в течение последнего десятилетия, организуемой Белорусским государственным аграрным техническим университетом совместно с Республиканским объединением «Белгроссервис».



Целью конференции является научное обсуждение задач, стоящих перед агропромышленным комплексом, связанных с освоением инновационных технологий производства сельскохозяйственной продукции и современной техники, организации ее сервисного сопровождения для обеспечения надлежащего уровня работоспособности в течение всего периода использования.

Инновационная деятельность в сельском хозяйстве имеет свои особенности. Так, за внедрение конкретной инновации, являющейся дорогостоящим и рискованным проектом, берутся в основном экономически состоятельные организации. Для большинства из них наиболее актуальными являются вопросы технического перевооружения, организации реновационного производства на основе применения инновационных технологий восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники.

В связи со значительными количественными и качественными изменениями парка сельскохозяйственной техники, условий хозяйствования эффективная деятельность в сельском хозяйстве Республики Беларусь невозможна без дальнейшего совершенствования форм и методов использования машин, улучшения организации их обслуживания и ремонта, модернизации ремонтно-обслуживающей базы.

В рамках работы конференции для обсуждения включены те вопросы, которые наиболее актуальны как для специалистов, так и для ученых и обучающихся.

Мы рады отметить, что в работе конференции принимают участие ведущие специалисты и ученые из учреждений высшего образования, научных организаций и производственных предприятий агропромышленного комплекса Беларуси, России, Украины, Казахстана и других стран.

Желаю всем участникам конференции плодотворной работы, творческой результативной дискуссии, активности, оптимизма и приобретения дружеских контактов. Надеюсь, что удастся создать условия для конструктивного диалога и обмена опытом между высокого уровня специалистами и представителями научного сообщества.

Ректор БГАТУ,  
доктор технических наук,  
профессор

И.Н. Шило

УДК 631.3:658.567.1

**Миклуш В.П.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, профессор;  
**Карпович С.К.**<sup>2</sup>, кандидат экономических наук, доцент;  
**Соловьев С.А.**<sup>3</sup>, член-корреспондент Российской академии наук,  
доктор технических наук, профессор;  
**Лисай Н.К.**<sup>4</sup>, генеральный директор,  
кандидат технических наук, доцент;  
**Герасимов В.С.**<sup>5</sup>, заведующий лабораторией

<sup>1</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь,*

<sup>3</sup>*Президиум Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация,*

<sup>4</sup>*РО «Белагросервис», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>5</sup>*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

***Аннотация.** В статье изложены анализ состояния и перспективы развития системы утилизации и рециклинга сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь, обоснованы стратегия, принципы и инструменты для создания комплексной системы «Сельхозрециклинг».*

Известно [1], что ежегодно с баланса организаций агропромышленного комплекса (АПК) Республики Беларусь списывается более 9 тысяч единиц сельскохозяйственной техники и оборудования общей массой более 70,0 тыс. тонн.

Утилизация и рециклинг сельскохозяйственной техники, завершившей свой жизненный цикл, является составной частью решения проблемы по рациональному использованию ресурсов, вовлекаемых в процессы производства и потребления. Значимость этой

проблемы исходит из ее комплексности, так как она объединяет такие важные направления как экологическое, технологическое, организационно-экономическое и правовое.

Рационально организованная утилизация позволяет уменьшить объемы потребления первичных ресурсов, вернуть в сферу использования уже имеющиеся и тем самым снизить нагрузку на природу, сохранить экологию.

За последние годы произошли определенные изменения в количественном и качественном отношении машинно-тракторного парка, используемого в сельском хозяйстве Республики Беларусь. Темпы снижения его значительно ниже, чем в предыдущее пятилетие. Так, парк тракторов сократился на 7,8% (т.е. среднем на 1,65% в год), зерноуборочных комбайнов – на 8,0%, кормоуборочных комбайнов – на 11,2%. Поставки тракторов в 2015 г. возросли более чем в 1,8 раза по сравнению с 2011г., а списание уменьшилось на 27,4%. В структуре парка увеличился удельный вес энергонасыщенных тракторов и высокопроизводительных комбайнов. Возрастной состав основных видов техники приведен в таблице.

Таблица – Возрастной состав сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь

Наименование техники	Количество техники, находящейся в эксплуатации по возрасту, в % от наличия		
	5 лет и менее	6-10 лет	более 10 лет
Тракторы	22,9	37,4	39,7
Зерноуборочные комбайны	28,8	71,2	–
Кормоуборочные комбайны	32,6	50,4	17,0
Разбрасыватели твердых минеральных удобрений	31,5	66,3	2,2
Машины для внесения твердых органических удобрений	21,4	39,6	39,0
Комбинированные почвообрабатывающе-посевные агрегаты	16,5	82,9	0,6
Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты	16,3	38,4	45,3

Проведенные исследования позволили выявить реальную картину утилизации сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь. В настоящее время она осуществляется без использования современных энерго- и ресурсосберегающих экологически

безопасных технологий с преобладанием неквалифицированного ручного труда. При этом велики потери материальных ресурсов, качество получаемых вторичных материалов очень низкое. Происходит интенсивное загрязнение окружающей среды опасными компонентами вышедшей из эксплуатации сельскохозяйственной техники.

Вместе с тем, формирование эффективной системы утилизации в АПК Республики Беларусь должна осуществляться с учетом обеспеченности, специфики условий использования и списания сельскохозяйственной техники, которая определяется:

- наличием и территориальной рассредоточенностью техники;
- системой сбора и подготовки сельскохозяйственной техники, предназначенной к утилизации;
- наличием и возможностью использования специальных средств и технологического оборудования предприятий ремонтно-обслуживающей базы АПК;
- мотивацией, заинтересованностью структур, вовлекаемых в процесс утилизации сельскохозяйственной техники, в том числе и производителей техники;
- источниками финансовых ресурсов, в том числе и утилизационного сбора для осуществления и совершенствования процесса утилизации сельскохозяйственной техники.

Технологическая система утилизации сельскохозяйственной техники является блоком общей концепции ресурсосбережения в АПК, реализуемой в последнее десятилетие.

Результативность, положительный эффект утилизации сельскохозяйственной техники проявится в виде реальной экономии материальных ресурсов за счет многократного использования конструктивных и неконструктивных элементов утилизируемых машин, использования вторичного сырья, получаемого при рециклинге сельскохозяйственной техники и оборудования.

Согласно проведенным исследованиям установлено, что в утилизируемой технике имеется значительное количество годных без ремонта и годных после восстановления деталей, агрегатов и узлов, которые могут использоваться по прямому назначению. Так, для тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов, подлежащих списанию, количество годных для дальнейшего использования деталей на одну машину может составлять

27 – 35%, подлежащих восстановлению – 35 – 42% и утилизируемых – 30 – 32%.

При этом этапы технологического цикла утилизации отходов сельскохозяйственной техники включают в себя: образование и накопление отходов; сбор отходов; транспортирование; сортировка; обезвреживание; рециклинг (использование/переработка); размещение (хранение/уничтожение); рекультивация объекта [1].

Базовыми, как было установлено в процессе исследований, являются технологические процессы сбора и сортировки отходов. Именно они в конечном итоге определяют успех утилизации.

Реализация технологий по переработке списанной сельскохозяйственной техники возможна не только в условиях ломозаготовительных предприятий, но и на производственных площадях ремонтно-обслуживающих предприятиях АПК (райагросервисах), ремонтных заводах, предполагающих изменение или дополнение направлений своей деятельности. При наличии необходимых площадей и стандартного технологического оборудования можно без больших материальных затрат провести диверсификацию деятельности таких предприятий.

Вместе с тем, необходимо отметить взаимосвязь этапа утилизации с другими этапами жизненного цикла машины, то есть в конструкторской документации на создаваемую конкретную машину, должна быть документация на проведение утилизации. При этом практика показывает, что на самоходную и другую сельскохозяйственную технику такая документация большинством заводоизготовителей не разрабатывается.

Завершающий этап жизненного цикла машины (утилизация) может осуществляться либо самими производителями, либо делегироваться специализированным предприятиям, которые должны будут, основываясь на разработанных производителем машин технологиях, осуществлять все этапы переработки техники. С этими предприятиями производитель техники должен наладить информационный обмен нормативно-технической документацией, обеспечивать их технологиями утилизации и осуществлять контроль над соблюдением этих технологий.

Принципиально важным моментом создания перспективной системы утилизации является стратегия её развития, которая опре-

деляет результаты деятельности, динамику изменения мощности, потребности в инвестициях и прочих [1] (рисунок).

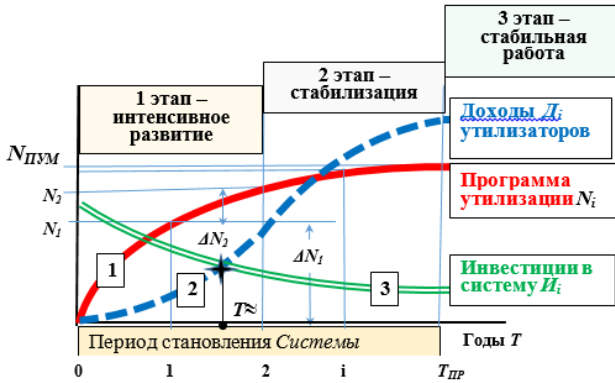


Рисунок – Стратегия формирования системы рецилинга сельскохозяйственной техники

Суть стратегии заключается в определении периода создания конкретных технико-экономических параметров видовой системы утилизации на каждый год определённого периода времени, необходимого для формирования этой системы. Все эти параметры зависят, при прочих равных условиях, от интенсивности её развития до оптимальной мощности, которая определяет период становления системы. При постепенном наращивании мощности системы утилизации годовые инвестиции будут снижаться, а доходы утилизаторов – увеличиваться. Отработка принципов создания таких систем должна на первом этапе иметь локальный характер. Наиболее оптимальным вариантом для этого может послужить создание такой системы на региональном уровне с последующим тиражированием полученного опыта на другие регионы и виды техники.

Проблему утилизации отходов в Беларуси необходимо решать комплексно, путём создания и реализации Единой системы обращения с отходами производства и потребления (ЕСОО) и разрабатывать, используя при этом единую методологию, не только системы утилизации ТКО, но и системы утилизации вышедшей из эксплуатации техники (ВЭТ) и других видов. Для систематизации и обеспечения наиболее эффективного достижения глобальной цели утилизации необходимо ранжировать весь комплекс решаемых за-

дач между основными участниками и поставить перед ними конкретные задачи. Такая система в общем случае должна включать в себя: систему утилизации коммунальных и твёрдых бытовых отходов; систему утилизации выведенной из эксплуатации техники; систему использования рециклированных материалов; системы утилизации других видов отходов. Системы каждого уровня направлены на решение поставленных перед ними конкретных задач.

Конечной целью развития перспективной системы утилизации и рециклинга техники является переработка материалов, подготовленных видовыми системами утилизации и подготовка их для производства новой продукции.

К новым принципам создания системы можно отнести следующие:

- среднесрочное и долгосрочное государственное планирование по формированию системы «Сельхозрециклинг» с участием ведущих научных учреждений и опытных экспертов, управленцев и специалистов АПК;
- организация замкнутого цикла обращения с отходами и вторичными ресурсами в АПК на основе преимущественно отечественных технологий;
- организация сетевого принципа взаимодействия всех предприятий и хозяйств агропромышленного комплекса;
- организация всеобщего просвещения руководителей, работников АПК и населения для реализации системы.

При этом новыми инструментами создания комплексной системы «Сельхозрециклинг» могут стать:

- создание и функционирование центра проектирования и управления развитием комплексной системы «Сельхозрециклинг» в АПК;
- создание и развитие когнитивных центров рециклинга отходов и вторичных ресурсов на предприятиях АПК;
- создание и развитие экотехнопарков в сельской местности;
- создание и развитие центров чистых технологий на базе экотехнопарков;
- создание и развитие единой разветвленной многовариантной логистической системы рециклинга отходов и вторичных ресурсов в АПК.

В настоящее время формирование ресурсосберегающей эколого-ориентированной системы утилизации сельскохозяйственной техники

в АПК Республики Беларусь осуществляется РО «Белагросервис», Белорусским государственным аграрным техническим университетом и другими заинтересованными организациями АПК Республики Беларусь, совместно ФГБНУ НАЦ ВИМ (Российская Федерация) [2].

По экспертной оценке специалистов, рассматривая основные элементы проекта отраслевой системы утилизации сельскохозяйственной техники для АПК Республики Беларусь, следует отметить следующие основные позитивные моменты, которые будут получены после ее внедрения [2]:

- снижение затрат на приобретение новых запасных частей на ремонтно-эксплуатационные нужды на 20 – 25%, за счет использования восстановленных деталей утилизируемой техники;
- обеспечение обновления машинно-тракторного парка машин в АПК Республики Беларусь на 6 – 8%;
- возвращение в оборот производственных циклов большой промышленности переработанных материалов компонентов утилизируемой техники (металл черный и цветной, резина, полимеры, стекло, масла, АКБ, электролит и др.)
- снижение величины вреда окружающей среде от отходов утилизации на 25 – 30%.

#### Список использованных источников

1. Игнатов, В.И. Утилизация сельскохозяйственной техники. Проблемы и решения: науч. издание / С. А. Соловьёв, В.Ф.Федоренко, В.И. Игнатов, В.С. Герасимов. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 172 с.

2. Лисай, Н.К. Особенности формирования системы утилизации сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь : монография / Н.К Лисай, С.А.Соловьёв, В.П.Миклуш и др. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2017. –250 с.

**Abstract:** the article presents the analysis of the status and prospects of development of system of utilization and recycling of agricultural technology in agribusiness of the Republic of Belarus, grounded strategy, principles and tools for an integrated system «Selhozrecycling».

*30 января 2018 года перестало биться сердце профессора кафедры «Технологии и организация технического сервиса» Белорусского государственного аграрного технического университета, ученого в области организации технического сервиса в АПК Республики Беларусь, первого декана факультета «Технический сервис в АПК», внесшего значительный вклад в его становление и развитие.*

*То, что сделал Владимир Петрович – огромно, незабываемо. Он был первым, шел впереди, несмотря на трудности и удары судьбы.*

*«Человек должен быть умен, прост, справедлив, смел и добр» – так считал К.Г. Паустовский. Владимир Петрович Миклуш был именно таким...*

УДК 631.171:631.3(476)

**Бакач Н.Г.<sup>1</sup>**, заместитель генерального директора по научной работе, кандидат технических наук, доцент;  
**Володкевич В.И.<sup>1</sup>**, заведующий лабораторией;  
**Шах А.В.<sup>1</sup>**, младший научный сотрудник;  
**Лисай Н.К.<sup>2</sup>**, генеральный директор,  
кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>РО «Белагросервис», г. Минск, Республика Беларусь

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПАРКА ИННОВАЦИОННОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные направления научно-технического прогресса в области механизации сельского хозяйства. Представлены результаты инновационных разработок в области механизации процессов растениеводства в Республике Беларусь на современном этапе.*

**Введение.** Мировой опыт показывает, что высокая урожайность сельскохозяйственных культур достигается в результате реализации высокоэффективных ресурсосберегающих технологий

на базе высокопроизводительной техники и оборудования [1]. Несмотря на значительные объемы закупок сельскохозяйственной техники хозяйствами республики уровень их технической оснащенности остается ниже требуемого, а затрат ресурсов на производство продукции растениеводства высоким. Так, обеспеченность тракторами с мощностью двигателя 250 и более лошадиных сил составляет не более 80,1 процента, высокопроизводительными зерноуборочными комбайнами – 87,9 процентов, кормоуборочными комбайнами – 49,1 процентов, широкозахватными почвообрабатывающе- и почвообрабатывающе-посевными агрегатами – 66-68 процентов, машинами для внесения удобрений и химических средств защиты растений – не более 60-65 процентов, для заготовки травянистых кормов – не более 85 процентов [2]. Удельные затраты труда на производство зерна составляют не менее 6,1 чел.-ч/тонну, картофеля – 10,5, сахарной свеклы – 0,98, сена – 3,9, сенажа – 0,63, силоса – 0,48 и овощей открытого грунта – 15,1 чел.-ч/тонну; удельные затраты энергоресурсов и условного топлива на производство зерна составляют соответственно не менее 10,6 кВт·ч/тонну и 14 кг у.т/тонну, картофеля – 6,8 и 9,6, сахарной свеклы – 0,12 и 2,0, сена – 0,21 и 1,3, сенажа – 0,20 и 1,3, кукурузы на силос – 0,16 и 1,9 и овощей открытого грунта – 11,3 и 10,3, что в 1,4-1,7 раза выше, чем в странах Западной Европы. В этих условиях важнейшей тенденцией в развитии техники становится создание новых машин, позволяющих реализовать инновационные технологии благодаря чему не только повышается производительность труда, но и создаются самые благоприятные условия для развития сельхозкультур, повышение их урожайности, сокращение потерь продукции при уборке и послеуборочной доработке, обеспечение экологической безопасности и безопасных условий труда [3]. Около 90 % прироста объемов сельхозпроизводства планируется достигнуть путем повышения урожайности сельскохозяйственных культур и интенсификации земледелия в целом. Поэтому ключевым фактором является внедрение современных ресурсосберегающих технологий на базе высокопроизводительной интеллектуальной сельскохозяйственной техники.

Обновление и оптимизация машинно-тракторного парка в Республике Беларусь осуществляется на фоне неблагоприятных тенденций в обеспеченности сельхозтоваропроизводителей сельскохо-

зяйственной техникой, которые характеризуются значительным (в 2...3 раза) превышением доли списываемой техники над обновляемой. Положение усугубляется тем, что более 50 процентов машинно-тракторного парка выработало свой срок службы и требует повышенных затрат на поддержание его в работоспособном состоянии. Из-за нарушений технологии возделывания сельскохозяйственных растет себестоимость, следовательно, снижается рентабельность производства.

**Основная часть.** В АПК республики основную часть мобильной сельскохозяйственной техники в республике составляют тракторы и самоходные сельскохозяйственные машины. Задействованный парк тракторов в хозяйствах насчитывает 40,6 тыс. единиц техники, в том числе тракторы класса 5 (250 и более л.с.) составляют 6,9 тыс. ед. (17,1 %), класса 3-4 – 1,3 (3,2 %), класса 2 – 9,0 (22,2 %), класса 0,6-1,4 – 23,4 тыс. ед. (57,6 %). С целью своевременного и качественного проведения основных механизированных работ и соблюдения при этом научно обоснованных технологических регламентов и экономически целесообразно увеличение парка тракторов класса 5 до 10,9 ед. (не менее 25 процентов в структуре) [4].

На рынке почвообрабатывающей техники плуг занимает одну из важных позиций. В республике применяются как оборотные, так и загонные плуги для различных тяговых классов тракторов с различными типами корпусов, предназначенными для различных условий работы. Особый интерес представляют плуги, оборудованные пластинчатыми отвалами с предплужниками и регулируемой шириной захвата корпусов. Достоинством пластинчатых отвалов является снижение энергоемкости вспашки и улучшение качественных показателей (оборот пласта и крошение), особенно тяжелых и торфяных почв. Кроме того, большой интерес представляют оборотные плуги с отклоняющейся перед началом оборота рамой, что позволяет уменьшить нагрузку на навеску трактора, а, следовательно, и опасность его опрокидывания. На сегодняшний день на некоторых типах плугов имеются специальные механизмы оборота, благодаря которым стало возможным трактору двигаться вне борозды. Это позволяет уменьшить уплотнение почвы, а также дает возможность использовать тракторы со сдвоенными колесами.

Новая посевная техника создается для агрегатирования с энергонасыщенными тракторами класса 5 и выше. Это позволяет

создавать машины с шириной захвата от 10 метров и более и производить посев на скоростях более 15 км/ч и более, что значительно повышает производительность посевных машин. Среди комбинированных почвообрабатывающе-посевных агрегатов наиболее распространенной посевной частью по-прежнему является почвообрабатывающая часть с дисковыми рабочими органами на индивидуальной подвеске с резиновыми амортизаторами. Такая конструкция позволяет качественно копировать поверхность поля и выдерживать постоянства хода рабочих органов, что немаловажно при подготовке поля под посев [4].

Для получения плановых урожаев необходимо своевременно и качественно вносить ежегодно более 50 млн. тонн органических удобрений, около 2 млн. тонн действующего вещества минеральных удобрений, или около 4 млн. тонн физического веса, вносить не менее 2 млн. тонн известковых материалов, применять около 14 тыс. тонн пестицидов. Для того, чтобы внесение обеспечить требуемого количества удобрений и средств защиты растений необходимо:

- применение гидравлических приводов разбрасывающих дисков;
- автоматическая настройка количества вносимых удобрений, запланированного внесения удобрений при помощи компьютера и данных со спутников;
- автоматизация процессов при развороте в конце поля (все необходимые для этого функции разбрасывателя включаются автоматически);
- •простая перестройка с обычного разбрасывания на разбрасывание по краю поля, которая осуществляется с терминала трактора;
- применение штанговых опрыскивателей;
- •увеличение ширины захвата до 24 метров;
- автоматическая адаптация штанг к контуру местности;
- автоматический подъем опрыскивающих штанг на необходимую высоту в конце поля и при развороте.

В 2017 году в хозяйствах всех категорий республики собрано более 8 млн. тонн зерновых и зернобобовых культур. Индикатором развития зернового подкомплекса является достижение к 2020 году производства зерна в объеме не менее 10 млн. тонн при урожайности зерновых не менее 41 центнера с гектара [1]. На проведении уборки зерновых и зернобобовых культур в республике задейство-

вано 9,4 тыс. ед. зерноуборочных комбайнов, в том числе с пропускной способностью 12 и более кг/с – 6,2 тыс. ед. (66 % от наличия). Предусматривается оснащение хозяйств зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью 14 и более кг/с для уборки участков с урожайностью свыше 60 ц/га. Для доработки зерна и семян в республике имеется порядка 3 тысяч зерноочистительно-сушильных комплексов и около 7,3 тысячи зерноочистительных машин. При этом затраты на семена составляют до 25 % от общих затрат на производство зерна. Переоснащение семеноводческой отрасли современной техникой позволит повысить качество получения семян и урожайность до 30 % с одновременным сокращением объема семенного фонда до 23 %. Для обеспечения данных показателей потребуется:

- модернизация существующего парка механизированных зерноток с целью снижения эксплуатационных издержек – повышения энергоэко-номичности, уровня автоматизации технологического процесса, снижения потерь и повышения качества продукции;
- применение машин, обеспечивающих поточную технологию обработки продовольственного и семенного зерна с выделением фуражной фракции на этапе предварительной очистки с последующей ее обработкой на специализированных линиях.

На заготовке измельченных травянистых кормов основу уборочной техники составляют самоходные кормоуборочные комбайны в количестве около 4,0 тыс. ед., из которых около 2 тыс. составляют комбайны с мощностью двигателя более 300 л.с. Технологическая потребность хозяйств республики в косилках всех типов составляет 6500 ед., при этом 60 % парка составляют косилки шириной захвата от 2,7 до 6,0 м. В ближайшие годы предусматривается создание высокопроизводительных косилок нового поколения шириной захвата 3,1; 6; 9; 12 метров, обеспечивающих ускорение темпов скашивания трав не менее чем в два раза, которые будут оснащаться унифицированным режущим брусом шириной захвата 3,1 метра, а также универсальным плющильным аппаратом для обработки бобовых и злаковых трав, что позволит снизить затраты и обеспечить скашивание трав в агротехнические сроки с минимальными потерями питательных веществ. В парке машин для ворошения и сгребания трав имеется свыше 4,0 тысяч тракторных граблей-валкователей и граблей-ворошилок. Недостаточное оснащение

хозяйств этими машинами сдерживает темпы кормоуборочных работ. Сроки уборки растягиваются свыше 15 дней. Намечается создание широкозахватных колесно-пальцевых граблей-валкователей шириной захвата 10,0 и 15,0 м, а также ворошителей валков, ворошителей-оборачивателей трав однорядных и двухрядных для работы на полях с низкой несущей способностью. Для подбора и прессования сена и соломы насчитывается 5,3 тысячи штук пресс-подборщиков. Вместе с тем для повышения качества и снижения потерь кормов необходимо создание рулонного пресс-подборщика с переменной камерой прессования. Большинство выпускаемых рулонных пресс-подборщиков оснащены механизмами для измельчения корма и обвязки рулонов сеткой или шпагатом. Активно развивается направление обмотки рулонов пленкой в одном агрегате. Конструкции рулонных пресс-подборщиков с целью повышения плотности прессования совершенствуются путем применения усиленных прессующих узлов. Проблему сокращения потерь и повышения качества кормов на сегодняшний день можно решить путем создания комплексов машин для упаковки кормов в пленку и полимерные рукава. В республике налажено производство специальных машин для выполнения подбора, транспортирования и скирдования кормов, запрессованных в тюки или рулоны. Однако они имеют низкую производительность и непригодны для работы с рулонами, упакованными в пленку. Намечено создание высокопроизводительных подборщиков тюков и рулонов нового поколения по типу HEATH SUPER CHASER QH, обеспечивающих ускорение уборочного процесса более чем в 2,5 раза. Эффективное использование высокопроизводительных кормоуборочных комбайнов возможно при наличии соответствующего шлейфа транспортных средств (прицепов-емкостей) для отвозки кормовой массы к месту хранения. Поэтому ведутся работы по созданию большегрузных тракторных прицепов грузоподъемностью до 25 тонн на унифицированных шасси для перевозки сельскохозяйственных грузов, включая силосную и сенажную массу.

К концу 2020 года предусмотрено производства картофеля в объеме 5,6 млн. тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 1,6 млн. тонн (площадь посадки – 54 тыс. гектаров при средней урожайности 291 центнер с гектара); овощей в объеме 1,6 млн. тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общест-

венном секторе – 0,6 млн. тонн (площадь сева овощей в открытом грунте – 17 тыс. гектаров при средней урожайности 245 центнеров с гектара); концентрация производства в организациях, осуществляющих деятельность по производству картофеля и овощей, до 80 % от общего объема производства в общественном секторе. Разработка новой техники для производства картофеля, овощей и других корнеплодов определяется постоянно растущими требованиями получения экологически чистой продукции, по возможности с минимальными повреждениями и пригодной для длительного хранения. Современные мощные тракторы дают возможность нарезать три гребня за один проход агрегата и применять шестирядные и восьмирядные сажалки. При посадке картофеля в подготовленную почву эти сажалки одновременно формируют высокий гребень, что устраняет необходимость дальнейшего окучивания. В развитии картофелеводческой техники наблюдается тенденция роста пропускной способности, что требует тщательного отделения нежелательных примесей и бережного обращения с клубнями. Разработана новая оригинальная пневматическая система для более бережного отделения клубней от камней и комьев земли. По сравнению с обычными системами сортировки она позволяет заметно увеличить производительность уборки, эффективность отделения примесей и оптимизировать рабочие процессы в машине. При машинной уборке картофеля и овощей широко используется послеуборочная обработка убранный продукт на стационарных пунктах и линиях. С целью повышения товарных качеств обрабатываемой продукции многими фирмами выпускаются машины различной производительности для мойки клубней и корнеплодов, щеточные машины для «сухой мойки». Их встраивают в линии для товарной обработки продукции. Передвижные сортировальные пункты выпускаются в различных модификациях, в которые входят приемный бункер, блоки отделителя примесей и предварительной сортировки мелкой фракции, двухпоточный переборочный стол с освещением на шесть-восемь рабочих, сортировка для выделения мелкой фракции, несколько ленточных конвейеров для отвода выделенных примесей, мелкой фракции и отходов. Также широко используется оборудование для картофелехранилищ: приемные бункеры, транспортеры-удлинители, складские загрузчики и др.

Во всех категориях хозяйств республики задействовано 104,5 тыс. гектаров плодово-ягодных насаждений, из которых только 19 тыс. гектаров (18,2 %) относятся к садам интенсивного типа, предназначенных для индустриального производства плодов и ягод, их хранения, промышленной переработки и формировании экспортного потенциала. Валовой сбор плодово-ягодных культур в стране составляет, в среднем, 563 тыс. тонн, однако эта продукция, как правило, невысокого качества в связи с неудовлетворительным сортовым и возрастным составом садов. Индикатором развития плодово-ягодной продукции до 2020 года является производство ее в объеме 510 тыс. тонн в хозяйствах всех категорий, из них в общественном секторе – 160 тыс. тонн (площадь насаждений – 19,8 тыс. гектаров при средней урожайности 81 центнер с гектара) и увеличение промышленных садов на 2,5 тыс. гектаров (500 гектаров в год). В настоящее время степень механизации работ в садоводстве по трудозатратам находится в широком диапазоне: от 10...15 % на уборке плодов до 70 % при возделывании смородины с использованием ягодоуборочного комбайна. Низкий уровень механизации негативным образом сказывается на агротехнических сроках выполнения технологических операций по уходу за садами и уборке урожая, качестве производимой продукции и ее стоимости. Очевидно, что без повышения уровня механизации производства плодов и ягод по всем направлениям (подготовка почвы, посадка сада, уход за насаждениями, уборка урожая, послеуборочная обработка и хранение) невозможны получение высококачественной продукции в необходимых объемах и снижение себестоимости ее производства.

В связи с этим требуется создание машин для:

- механизированного сбора плодов косточковых культур и ягод и подбора яблок с земли;
- ухода за ягодниками (машины для обработки почвы в междурядьях ягодников, вырезки побегов, срезания старых кустов, измельчения в почве корневой системы ягодников и др.);
- химической защиты садов, обеспечивающих снижение пестицидной нагрузки на 80...90 % и повышение производительности труда за счет одновременной обработки 2 рядов;
- технологических линий сортировки и фасовки плодов.

Внедрение в производство инновационных машин позволит повысить степень механизации процессов в плодоводстве до 70...80 %, снизить себестоимость возделываемых культур и повысить потребление плодов и ягод в стране до норм рационального питания.

**Заключение.** Реализация инновационной сельскохозяйственной техники в отрасли растениеводства будет способствовать снижению удельных затрат труда до 30–35 %, до 20–25 % – потребления топливно-энергетических ресурсов, до 15–20 % – металла, до 15–20 % – потерь продукции в процессе ее производства и хранения, до 25–30 % – сокращению численности применяемого в отрасли парка машин и оборудования.

#### Список использованной литературы

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы: утверждена постановлением Совета Министров Республики Беларусь 11.03.2016 № 196. – Минск, 2016. – 96 с.

2. Наличие сельскохозяйственной техники, машин, оборудования и энергетических мощностей в Республике Беларусь на 1 января 2017 года. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2017. – 56 с.

3. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. – Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2016. – 229 с.

4. Яковчик, С.Г. Научные инновации в области механизации сельского хозяйства Республики Беларусь / С.Г. Яковчик, Н.Г. Бакач, Ю.Л. Салапура // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Казахстана, Монголии, Беларуси и Болгарии: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 19–21 окт. 2016 г.: в 2 т. / редкол.: П.П. Казакевич (гл. ред.), С.Н. Поникарчик. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2016. – Т. 1. – С. 3–6.

**Abstract.** The main directions of scientific and technical progress in the field of agriculture mechanization are presented in the article. Results on development of scientific innovations in the field of agriculture mechanization of the Republic of Belarus at the present stage are presented.

УДК 631.3

**Игнатов В.И.**, доктор технических наук;  
**Герасимов В.С.**, заведующий лабораторией;  
**Мишина З.Н.**, старший научный сотрудник;  
**Богатова Н.О.**, научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ СЛУЖБЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

***Аннотация.** В статье раскрыты пути совершенствования инженерной системы агропромышленного комплекса Российской Федерации по техническому сопровождению сельскохозяйственной техники на протяжении жизненного цикла машин с учетом создания инновационных центров, обеспечивающих весь комплекс обслуживания машинно-тракторного парка.*

**Введение.** Потребность сельхозтоваропроизводителей в услугах инженерной системы, обеспечивающей технический сервис на протяжении всего жизненного цикла сельхозмашин, можно рассмотреть, как экономически обоснованную и необходимую инженерную деятельность в агропромышленном комплексе. Реализацию технологических процессов поддержания и восстановления параметров технического состояния сельскохозяйственной техники с надлежащим качеством возможно только при условии наличия на специализированных предприятиях инженерной системы агропромышленного комплекса интеллектуального технологического оснащения определенной номенклатуры. Для поддержания сельскохозяйственной техники в работоспособном состоянии и восстановления параметров ее технического состояния необходимо использовать весь комплекс ремонтно-обслуживающих воздействий, обеспечивающих высокоресурсный ремонт и обслуживание. В работе предложены мероприятия по совершенствованию инженерно-

технической системы (ИТС) в агропромышленном комплексе России. Показано, что в настоящее время система характеризуется ослаблением по количеству и качеству парка сельскохозяйственных машин, что негативно сказывается на материально-техническом обеспечении сельхозпроизводителей. Для позитивного изменения ситуации предлагается как первоочередная мера – создание инновационных центров высокоресурсного ремонта техники и ее компонентов. Приведены примеры планирования таких центров с соответствующей ресурсосберегающей экологоориентированной утилизацией сельскохозяйственной техники.

**Основная часть.** В условиях импортозамещения агропромышленный комплекс (АПК) Российской Федерации нуждается как в эффективной высокопроизводительной сельскохозяйственной технике, так и в качественном инженерно-техническом обеспечении АПК. Такие требования к технике и ее обслуживанию обусловлены необходимостью реализации инновационных прорывных технологий для решения задач по эффективной эксплуатации машинно-тракторного парка [1-4].

В агропромышленном комплексе РФ сохраняется тенденция сокращения сельскохозяйственной техники. Частично ее недостаток компенсируется приобретением энергонасыщенной, высокопроизводительной техники и внедрением ресурсосберегающих технологий, использующих комбинированные почвообрабатывающие и посевные агрегаты. Однако оснащенность сельскохозяйственных товаропроизводителей остается на уровне, который не позволяет выполнить все технологические операции в нормативные агротехнические сроки, что ведет к недополучению и потерям продукции. В связи с этим, в качестве мер государственной поддержки, технической и технологической модернизации АПК и обновления парка техники предусмотрены субсидии производителям сельскохозяйственной техники на возмещение затрат при реализации продукции, сельскохозяйственным товаропроизводителям со скидкой в размере и по перечню, которые утверждаются Правительством Российской Федерации.

В 2016 году было реализовано более 17 тыс. единиц техники, но не был выполнен целевой показатель Государственной программы по объему реализации тракторов (таблица 1).

Таблица 1

Показатель	2015	2016		
		План	Факт	Выполнение, %
Объемы реализации техники сельскохозяйственным товаропроизводителям, ед.				
зерноуборочных комбайнов	2195	900	3120	346,7
тракторов	979	1534	1092	71,2
кормоуборочных комбайнов	106	176	260	147,7

На 1 января 2017 года в АПК органами Гостехнадзора зарегистрировано 400,9 тыс. тракторов, что на 9 тыс. ед. меньше, чем на 1 января 2016 года (409,9 тыс.), 129,6 тыс. зерноуборочных комбайнов – на 1,2 тыс. больше уровня 2016 года (128,3 тыс.) и 15,1 тыс. кормоуборочных комбайнов – на 0,7 тыс. 2016 года (15,8 тыс.). Гостехнадзором учитывается наличие техники также в крестьянских (фермерские) хозяйствах и предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности [6].

Состояние парка сельскохозяйственной техники оценивается по удельному весу основных видов со сроком эксплуатации свыше 10 лет в общем объеме [7]. Технический парк в сельскохозяйственных организациях обновляется по некоторым направлениям: доля тракторов со сроком эксплуатации свыше 10 лет в 2016 году составила 59,6% (в 2015 – 60,3%). По зерноуборочным комбайнам данный показатель сохранился на уровне 2015 года – 45,4%, кормоуборочным – увеличился до 44,4% (в 2015 году – 42,9%).

Обновление по тракторам и зерноуборочным комбайнам произошло во всех федеральных округах, за исключением Уральского и Сибирского, по кормоуборочным комбайнам – кроме Северо-Западного, Северо-Кавказского, Приволжского, Уральского, Сибирского и Дальневосточного федеральных округов (таблица 2).

В 2016 году доля техники зарубежного производства в общем количестве техники в сельскохозяйственных организациях составила: тракторов – 67,8%, зерноуборочных комбайнов – 22,1, кормоуборочных комбайнов – 20,7% (таблица 3). Это объясняется тем, что выбывает в основном старая техника, приобретаются новые машины как российские, так и зарубежные [6].

Таблица 2

Федеральный округ	Распределение основных видов техники со сроком эксплуатации более 10 лет, %					
	Тракторы		Зерноуборочные комбайны		Кормоуборочные комбайны	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Российская Федерация	60,26	59,56	45,43	45,35	42,88	44,37
Центральный ФО	50,72	49,19	35,21	33,81	39,57	38,71
Северо-Западный ФО	56,22	54,50	45,53	43,94	50,08	50,70
Южный ФО	61,45	60,51	48,33	47,73	65,19	60,98
Северо-Кавказский ФО	56,26	53,41	45,74	43,39	63,20	63,94
Приволжский ФО	62,28	61,91	46,76	45,77	39,81	43,05
Уральский ФО	68,40	61,17	49,78	49,95	34,94	35,79
Сибирский ФО	69,34	71,04	50,01	54,09	37,08	41,24
Дальневосточный ФО	46,10	45,21	32,29	30,23	46,59	48,57

Таблица 3

Федеральный округ	Распределение импортной техники, % общего количества					
	Тракторы		Зерноуборочные комбайны		Кормоуборочные комбайны	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
Российская Федерация	66,4	67,8	20,7	22,1	22	20,7
Центральный ФО	73,6	74,2	28,9	30,8	35,2	33,8
Северо-Западный ФО	78,1	76,4	44,9	47,5	48,7	40,3
Южный ФО	64,9	68,8	15	15,8	25,1	22,9
Северо-Кавказский ФО	70,9	72	16,9	19,2	27,7	25,6
Приволжский ФО	65,4	66,8	21,7	23,6	15,6	14,5
Уральский ФО	62	62,4	15,6	17	13,2	12,9
Сибирский ФО	57,9	58,3	14,6	15,9	11	11,3
Дальневосточный ФО	70,6	71,5	52,7	50,4	21,3	20,6

В 2016 году сельскохозяйственными товаропроизводителями по всем каналам реализации было приобретено более 18 тыс. тракторов и комбайнов, что на 7,8% больше по сравнению с уровнем 2015 года. Энергообеспеченность сельскохозяйственных организаций в 2016 году составила 148,8 л.с. на 100 га посевных площадей, что соответствует уровню 2015 года.

Для того чтобы добиться расчетной обеспеченности машинно-тракторного парка (МТП), необходимо ежегодно поставлять сельхозтоваропроизводителям по 45...50 тыс. тракторов, 12...15 тыс. зерно- и 2...3,5 тыс. кормоуборочных комбайнов [5].

Коэффициент технической готовности сельхозтехники находится в пределах 70...75% (зерноуборочные комбайны), 75...80% (тракторы). Наблюдается устойчивая тенденция старения парка машин на ближайшие 3...5 лет и, чтобы повысить показатели коэффициента технической готовности машин до 95...98%, необходимо принять и реализовать программу по модернизации инженерной системы АПК.

Рассматривая инженерно-техническую систему по обеспечению работоспособности машин в сельском хозяйстве, можно выделить четыре основных направления: оперативные действия в полевых условиях, текущий ремонт и сезонная подготовка техники, выкоресурсный ремонт техники и компонентов, утилизация машин (рисунок 1).

Каждое из направлений предусматривает соответствующую обеспеченность материально-техническими средствами в виде инновационных центров, ремонтно-технических предприятий (РТП), мастерских, машинных дворов, цехов, стендов, специального оборудования и оснастки, нормативно-технической документации.

Основной фактор эффективности работы инженерной базы агрохозяйств – оснащенность ремонтно-технологическим оборудованием (РТО). В таблице 4 приведены рекомендации по замене установленного ранее оборудования на современные модели.

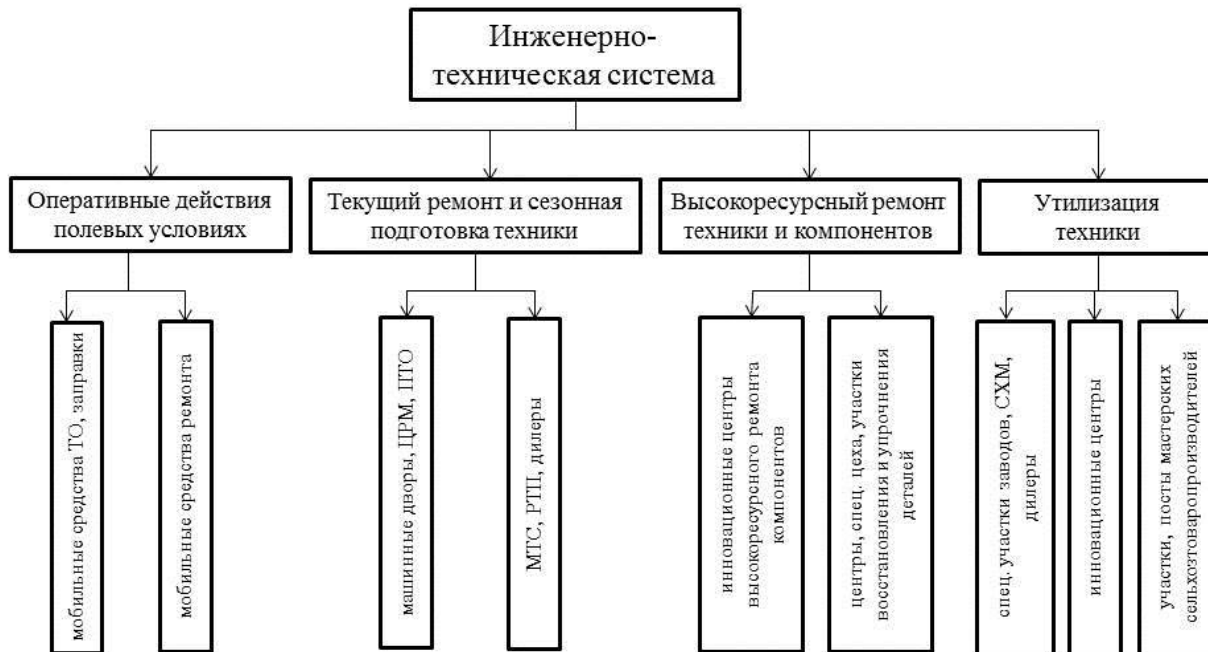


Рисунок 1 - Структура производства и ремонтно-обслуживающих воздействий по обеспечению работоспособности машин

Таблица 4

Наименование оборудования	Модель	
	заменяемая	рекомендуемая
1	2	3
<i>сварочное</i>		
Трансформатор	ТС-300	ТДМ-503
Преобразователь	ПСО-300М	Ресанта САИ 250 ПН
Генератор ацетиленовый	АСК-1-67	АСП-15
то же	АСМ-1-66	АСП-10
<i>моечное</i>		
Машина моечная	ОМ-837Г-ГОСНИТИ	ОМ-35468
то же	ОМ-947И-ГОСНИТИ	ОМ-35494
Установка насосная для наружной мойки тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин	1112-ГАРО	Моечная машина высокого давления Karcher HD 6/15 C Plus
Установка для промывки системы смазки тракторов	ОМ-2871-ГОСНИТИ	КИ-28241ГОСНИТИ
<i>стенды, приборы и приспособления для диагностики и контроля</i>		
Стенд обкаточно-тормозной для обкатки и испытания двигателей	КИ-1363В-ГОСНИТИ	КИ-28249
универсальный для испытания, регулировки топливных насосов, подкачивающих помп и фильтров с комплектом «А»	КИ-921-ГОСНИТИ	КИ-35478-1-ГОСНИТИ
универсальный контрольно-испытательный для проверки электрооборудования	КИ-968-ГОСНИТИ	Э-250М02
универсальный для испытания масляных насосов и фильтров двигателей	КИ-1575М-ГОСНИТИ	КИ-28199-ГОСНИТИ
Прибор для определения технического состояния цилиндропоршневой группы двигателя	НИИАТ-К-69	КИ-28134М-ГОСНИТИ
Вольтамперметр	КИ-1093-ГОСНИТИ	Мультиметр DMM-1000
<i>ремонтно-технологическое оборудование, приспособления и инструмент</i>		
Стенд универсальный для разборки и сборки двигателей	ОПР-989-ГОСНИТИ	Р-500Е

Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования

Окончание таблицы 4

1	2	3
для разборки и сборки коробки перемены передач тракторов	ОПР-626-ГОСНИТИ	ОПР-626-ГОСНИТИ
Станок для шлифовки фасок клапанов	ОПР-823-ГОСНИТИ	Serdi HVR90
Приспособление для сборки муфты управления тракторов	ОПР-1540-ГОСНИТИ	КИ-28163-ГОСНИТИ
Комплект оснастка мастера-наладчика	ОРГ-4999-ГОСНИТИ	КИ-28092.01-ГОСНИТИ
Набор оборудования, приборов и приспособлений для ремонта электрооборудования	ПТ-761-2-ГОСНИТИ	КИ-5920М КИ-28246-ГОСНИТИ
Комплект		
оборудования, приборов и приспособлений для технического обслуживания аккумуляторных батарей	КИ-389-ГОСНИТИ	Э-412М1
универсальный приспособлений и съемников	ПИМ-483-ГОСНИТИ	ОР-15727М
приспособлений и инструмента для разборки и испытаний масляных насосов и фильтров двигателей	ОПР-3854-ГОСНИТИ	Комплект инструментов для ТР гидроагрегатов ОР-28155, для диагностики стенд КИ-28256.01
<i>оборудование для заправки, смазки и нанесения антикоррозионных покрытий</i>		
Бак маслораздаточный	133-1-ГАРО	С -230
Установка для смазки и заправки	ОЗ-4967-ГОСНИТИ	МР-40, С-223-1
<i>оборудование для восстановления и упрочнения деталей</i>		
Универсальная установка для восстановления деталей методами наплавки	-	01.01-305-ГОСНИТИ
Универсальный сверхзвуковой электродуговой металлургатор	-	ЭДМ-9ЩД
Аппарат для скоростной электродуговой цементации	-	ЭДУ-2
Универсальная установка для сварки и восстановления деталей типа «Вал» методами наплавки и газотермического напыления	-	Вращатель 35500-ГОСНИТИ

Для обеспечения сельскохозяйственных товаропроизводителей высокоресурсным ремонтом наиболее сложных и дорогостоящих агрегатов и узлов инновационные центры должны быть оснащены соответствующим современным оборудованием с обязательным созданием участков восстановления и упрочнения деталей.

Производственная мощность центров отражает потенциальную возможность качественно выполнить определенное количество ремонтов данного вида. Мощность инновационных центров должна удовлетворять региональную потребность в ремонте с учетом особенностей структуры машинно-тракторного парка (МТП).

За удельный показатель, характеризующий МТП в регионах, примем наличие тракторов по данным формам отчетности «1-РЕМ» МСХ РФ. Из структуры МТП взята тракторная группа, как наиболее многочисленная и выполняющая основные полевые работы. Из статистической выборки парка известно, что в регионах находится 2000...40000 тракторов. Мы разделили их на шесть основных групп: 1 – от 2000...4000 ед. (представитель – 3,0 тыс.); 2 – 4000...6000 (5,0); 3 – 6000...10000 (8,0); 4 – 10000...20000 (15,0); 5 – 20000...30000 (25,0); 6 – 30000...40000 ед. (35,0);

По результатам исследований в 2015-2016 годах считали потребность регионов в производственной мощности предприятий по ремонту компонентов сельскохозяйственной техники (таблица 5).

Таблица 5

Показатель	Представители групп парка тракторов в регионах, шт.					
	2					
1						
Наличие тракторов, всего, шт., по группам представителям	3000	5000	8000	15000	25000	35000
Плановое количество ремонтов в год, шт. тракторов	1700	3000	3400	8800	12500	17000
Средний показатель доли трудозатрат ремонта агрегатов и узлов в трудоемкости полнокомплектного ремонта, %	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55

Окончание таблицы 5

1	2					
Суммарные годовые трудозатраты на ремонт полнокомплектной техники в соответствии с нормативами, скорректированными по показателям надежности, тыс. чел.-час.	119,0	210,1	238,0	616,0	875,0	1190,0
Потребная производственная мощность инновационных центров, усл.рем.	218,1	385,0	436,3	1129,3	1604,2	2181,6
Итого, с учетом прочих машин (40%)	305,3	539,0	610,8	1581,0	2245,8	3054,2
Коэффициент корректировки, учитывающий производственную мощность предприятия	1,0	0,987	0,975	0,857	8,15	0,795
Мощность типовых предприятий, усл.рем.*	300	500	600	1400	1800	2400

\* – 1 усл.рем. – 300 чел.-час.

В соответствии с расчетами, субъекты Российской Федерации для своего парка тракторов могут определить требуемую мощность создаваемых инновационных центров.

Ежегодно с баланса агрохозяйств и предприятий АПК России списывается от 5 до 10% сельскохозяйственной техники. По нашим экспертным данным, в среднем за один календарный год в системе АПК утилизируется около 60 тыс. ед.

Списанная и утилизированная сельскохозяйственная техника служит не только источником металлолома, но и значительным резервом восстановленных деталей и узлов, а это может стать дополнительным источником получения ресурсов для инженерных структур АПК, в том числе инновационных центров.

По результатам исследований установлено, что стоимость объемов вторичных ресурсов, образующихся при ежегодной утилизации сельскохозяйственной техники в АПК, составляет более 5 млрд. руб.

Полученная сырьевая база вторичных ресурсов от рециклинга сельскохозяйственной техники позволяет номинально увеличить отечественный рынок промышленной продукции на 15...20%.

**Выводы.** Технологическая оптимизация предприятий инженерной структуры АПК объединяет заводы-изготовители сельскохозяйственной техники, разработчиков технологий и оборудования по ремонту и техническому обслуживанию техники для сельхозтоваропроизводителей.

В силу сложившейся определенной инфраструктуры в инженерной сфере АПК наиболее перспективной и дееспособной моделью становятся инновационные центры, обеспечивающие высокоресурсный ремонт и техническое обслуживание, имеющие в своем составе участки восстановления изношенных деталей и проведения утилизации сельхозтехники (сбор, разборку, первичную переработку отходов и др.).

#### Список использованной литературы

1. Измайлов, А.Ю. ВИМ: 85 лет в авангарде отечественного сельхозмашиностроения / А.Ю. Измайлов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2014. - №6. – С. 10-13.
2. Дорохов, А.С. Качество машиностроительной продукции: реальность и перспективы / А.С. Дорохов // Ремонт, восстановление, модернизация. – 2005. - №8. – С. 2-4.
3. Ерохин, М.Н. Технические и технологические требования к перспективной сельскохозяйственной технике: научное издание /М.Н. Ерохин – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 248 с. ISBN: 978-7367-0826-0.
4. Дорохов, А.С. Роль качества в инженерно-техническом обеспечении АПК / А.С. Дорохов // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т.125. – С. 62-69.
5. Лачуга, Ю.Ф. К проблеме технической и технологической модернизации сельского хозяйства / Ю.Ф. Лачуга, А.М. Бондаренко // Механизация и электрификация животноводства, растениеводства – 2013. – № 1 (21). – С. 4-12.
6. Национальный доклад «О ходе и результатах реализации в 2016 году Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 годы»: науч. док. Минсельхоза России // ФГБНУ «Росинформагротех», 2017. – 208 с.

7. Соловьев, С.А. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники / С.А. Соловьев, В.П. Лялякин, С.А. Горячев, З.Н. Мишина и др. // ФГБНУ «Росинформагротех», 2014, 160 с.

**Abstract.** The article reveals the ways to improve the engineering system of the agro-industrial complex of the Russian Federation for the technical support of agricultural machinery during the life cycle of machines, taking into account the creation of innovative centers that provide a full range of maintenance of the machine and tractor fleet.

УДК 631.173

**Сайганов А.С.<sup>1</sup>**, доктор экономических наук, профессор;  
**Карпович С.К.<sup>2</sup>**, кандидат экономических наук, доцент  
<sup>1</sup>*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси,*  
<sup>2</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия*  
*Республики Беларусь*

## **СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматривается анализ технической оснащенности сельскохозяйственных товаропроизводителей основными видами машин и оборудования, представлен механизм поставок различной сельскохозяйственной техники на условиях лизинга, приводятся основные направления дальнейшего технического переоснащения сельскохозяйственного производства республики.

**Введение.** Важнейшим условием, обеспечивающим выполнение установленных прогнозных показателей и темпов роста производства продукции сельского хозяйства в соответствии с Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы [1], является повышение уровня механизации сельскохозяйственного производства на основе модернизации и технического переоснащения всех сельскохозяйственных товаропроизводителей.

**Основная часть.** Главным фактором устойчивого развития АПК в настоящее время является наличие необходимой материально-технической базы, обеспечивающей возможность ведения современного инновационного аграрного производства. Основу материально-технической базы АПК составляют сельскохозяйственные машины и оборудование, динамика изменения списочной численности которых представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Динамика списочной численности основных видов сельскохозяйственной техники и оборудования в сельском хозяйстве Республики Беларусь и Российской Федерации в 2001 – 2016 гг. (тыс. штук, на начало года)

Показатели	Годы							2016 г. в % к 2001 г.
	2001	2006	2010	2013	2014	2015	2016	
<i>Республика Беларусь</i>								
Тракторы всех марок	72,9	53,6	48,1	44,6	43,8	42,0	43,6	59,8
Комбайны:								
зерноуборочные	17,1	12,8	12,2	11,9	11,6	11,1	10,5	61,4
картофелеуборочные	3,8	1,6	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	26,3
кукурузоуборочные, шт.	87	49	35	44	50	45	41	47,1
льноуборочные	1,8	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	27,8
свеклоуборочные, шт.	758	987	877	566	493	425	385	50,8
Доильные установки и агрегаты	14,8	12,8	13,5	13,5	13,3	12,9	12,5	84,5
<i>Российская Федерация</i>								
Тракторы всех марок	746,7	480,3	330	276,2	259,7	247,3	233,6	31,3
Комбайны:								
зерноуборочные	198,7	129,2	86,1	72,3	67,9	64,6	61,8	31,1
картофелеуборочные	10,0	4,5	3,0	2,7	2,6	2,4	2,3	23,0
кукурузоуборочные	4,4	2,2	1,1	0,8	0,7	0,7	0,8	18,2
льноуборочные	3,2	1,8	0,9	0,6	0,5	0,5	0,4	12,5
свеклоуборочные	12,5	7,2	3,6	2,8	2,5	2,4	2,2	17,6
Доильные установки и агрегаты	88,7	50,3	33,2	28,6	27,3	26,3	25,1	28,3

Примечание. Таблица составлена на основании статистических материалов органов государственной статистики Республики Беларусь и Российской Федерации.

Из приведенных данных таблицы видно, что списочная численность основных видов сельскохозяйственных машин и оборудования в хозяйствах Республики Беларусь в 2001 – 2016 гг. хотя и сокращалась, но более низкими темпами, чем, например, в Российской Федерации. При этом в последние 5 лет в республике удалось добиться

стабилизации ситуации с сокращением списочного состава техники. Во многом это стало возможно благодаря наличию механизма государственной поддержки развития материально-технической базы отечественного АПК (в основном это лизинг сельскохозяйственной техники и оборудования).

В Беларуси в настоящее время на рынке сельскохозяйственной техники и оборудования действуют два типа лизингодателей (независимые коммерческие фирмы и уполномоченные государственные организации – РО «Белагросервис», ОАО «Промагролизинг» и др.), которые, соответственно, осуществляют два вида лизинга – коммерческий и государственный. Коммерческий лизинг – это классический лизинг, основанный на трехстороннем договоре, организация которого у нас в республике мало чем отличается от мировых стандартов. Государственный лизинг является более льготным, частично финансируется за счет средств республиканского бюджета и применяется преимущественно в сфере сельского хозяйства [2-3].

Механизм государственного лизинга в республике был запущен после выхода постановления Кабинета Министров Республики Беларусь «Об обеспечении тракторами, сельскохозяйственными машинами и оборудованием субъектов хозяйствования Республики Беларусь» от 02.08.1995 г. № 415, в дальнейшем принимались иные нормативные документы, уточняющие и развивающие отдельные положения данного постановления. Суть государственного лизинга остается неизменной – обеспечение привлекательных финансовых условий для сельскохозяйственных организаций при приобретении ими техники и оборудования (таблица 2).

Таблица 2 – Сравнительный анализ условий государственного и коммерческого лизинга для сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь (на 1.1.2017г.)

Параметры	Единица измерения	Государственный лизинг	Коммерческий лизинг
Первоначальный (авансовый) платеж	%	0-15	30-40
Срок лизинга	лет	до 8	2-6
Маржа лизинговой компании	%	2-4	4-6
Процентная ставка по кредиту, привлекаемому лизингодателем	%	0-10	15-25

Изначально государственный лизинг сельскохозяйственной техники и оборудования все же не был чисто коммерческим проектом. Основными его целями были: с одной стороны, обеспечить стабильный сбыт отечественным предприятиям-производителям техники, с другой – не допустить падения уровня технической оснащенности сельскохозяйственных товаропроизводителей. В связи с этим техника поставлялась практически всем крупнотоварным аграрным предприятиям, независимо от их финансового состояния. С 2008 г. (и особенно после 2012 г.) акценты государственного лизинга сместились в сторону большей окупаемости вложенных ресурсов, в связи с чем, техника и оборудование стали предоставляться в первую очередь организациям, способным платить по своим обязательствам (рисунок 1).

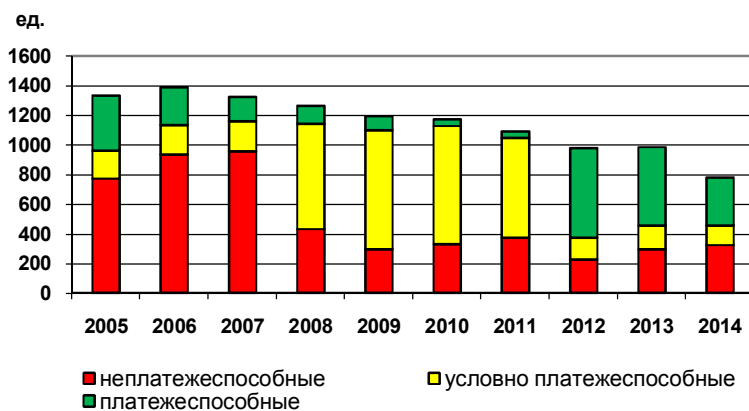


Рисунок 1 – Количество предприятий, получивших технику и оборудование по лизингу, в разрезе уровня их платежеспособности\* (2005 – 2014 гг.)

В последние годы акцент в материально-техническом обеспечении сельскохозяйственного производства сместился в сторону поставки аграрным предприятиям современной энергонасыщенной

\* Для целей данного анализа к платежеспособным отнесены предприятия у которых коэффициенты обеспеченности собственными оборотными средствами и текущей ликвидности на начало года были равны или выше нормативных значений; условно платежеспособные – предприятия, у которых хотя бы один из коэффициентов равен или выше нормативного значения, неплатежеспособные – оба коэффициента ниже норматива.

сельскохозяйственной техники, что положительно сказалось на качественных характеристиках машинно-тракторного парка. Так, средняя мощность тракторного двигателя в сельскохозяйственных организациях за последние 7 лет возросла почти на 20 % со 117,1 л.с. в 2011 г. до 138,2 л.с. в 2017 г. (рисунок 2). Эта тенденция подтверждается и изменениями в структуре тракторного парка страны, где доля энергонасыщенных тракторов увеличилась с 13,0 % в 2011 г. до 17,8 % в 2017 г. (таблица 3). При этом следует отметить и рост в этот же период удельного веса тракторов малой мощности (с 1,4 % до 2,8 %).

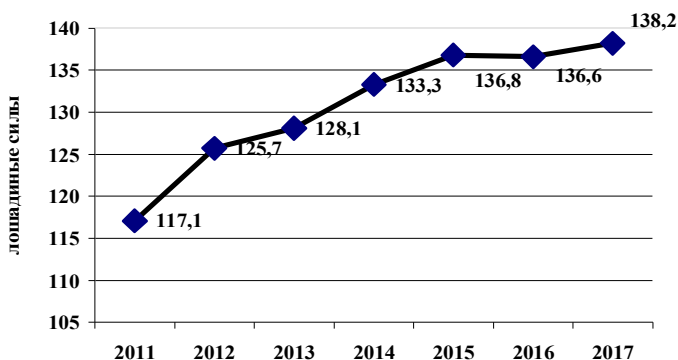


Рисунок 2 – Средняя мощность тракторного двигателя (включая тракторы, на которых смонтированы землеройные, мелиоративные и другие машины) в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь за 2011 – 2017 гг. (на 1 января каждого года)

Основную долю (более 95 %) в сельскохозяйственных организациях составляют тракторы белорусского производства. Известный флагман отечественного машиностроения – ОАО «Минский тракторный завод» производит как давно уже положительно зарекомендовавшие себя модели тракторов, так и осваивает новые, например, МТЗ 3522. Этот трактор имеет мощность более 350 л.с., предназначен для выполнения энергоемких сельскохозяйственных работ и по своим технико-эксплуатационным показателям не уступает зарубежным аналогам.

Таблица 3 – Тракторный парк сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь по группам мощности (на 1 января каждого года)

Год	Мощность в л.с.					
	до 65		66-180		более 181	
	%	шт.	%	шт.	%	шт.
2011	1,4	640	85,6	40122	13,0	6089
2014	2,2	956	82,1	35852	15,7	6881
2017	2,8	1173	79,4	32765	17,8	7329

В составе комбайнового парка сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь представлены модели различных производителей. Почти 80 % – это комбайны производства ОАО «Гомсельмаш», из которых 54,6 % занимают КЗС-1218 «ПАЛЕССЕ GS12», 23,4 % – КЗС-10К (таблица 4).

Анализ таблицы 4 свидетельствует, что состав и структура парка зерноуборочных комбайнов постепенно изменяется в сторону увеличения доли комбайнов отечественного производства. Так, в 2017 г. по сравнению с 2011 г. общее количество комбайнов уменьшилось на 12,3 %, при этом число отечественных машин увеличилось на 8,6 %, а зарубежных – снизилась на 31,8 %.

Вместе с тем актуальным остается вопрос формирования оптимальной структуры парка зерноуборочных комбайнов. Как отечественные, так и зарубежные модели имеют свои достоинства и недостатки. Благодаря усилиям отечественных ученых и инженеров, в холдинге «Гомсельмаш» разработана достойная замена иностранным высокопроизводительным комбайнам. Например, зерноуборочный комбайн КЗС-1624-1 «ПАЛЕССЕ GS16» по производительности занимает верхнюю ступеньку модельного ряда комбайнов ПАЛЕССЕ. Машина современного технического уровня с двигателем мощностью 530 л.с. предназначена для сельхозпредприятий с крупными объемами уборки высокоурожайных зерновых колосовых, крупяных, зернобобовых и других культур.

В целом, благодаря целенаправленной государственной политике по поддержке материально-технической базы сельскохозяйственных организаций, постоянно растет энерговооруженность труда аграриев – в 2016 г. 68 л.с. на 1 работника (рисунок 3).

Таблица 4 – Состав и структура парка зерноуборочных комбайнов в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь в 2011 – 2017 гг. (на 1 января каждого года)

Производитель комбайнов, марка комбайна	2011		2014		2017		2017 в % к 2011
	шт.	%	шт.	%	шт.	%	
<b>ВСЕГО</b>	<b>11328</b>	<b>100,0</b>	<b>11622</b>	<b>100,0</b>	<b>9937</b>	<b>100,0</b>	<b>87,7</b>
<b>Отечественное производство - всего</b>	<b>8792</b>	<b>77,6</b>	<b>9728</b>	<b>83,7</b>	<b>8394</b>	<b>84,5</b>	<b>95,5</b>
В том числе:							
<b>ОАО «Гомсельмаш»</b>	7200	63,6	8692	74,8	7822	78,7	108,6
КЗС-10К	3353	29,6	3236	27,8	2326	23,4	69,4
КЗС-7 и его модификации	1308	11,5	362	3,1	66	0,7	5,0
КЗС-1218	2539	22,4	5094	43,8	5430	54,6	213,9
<b>ОАО «Лидагропроммаш»</b>	<b>1592</b>	<b>14,1</b>	<b>1036</b>	<b>8,9</b>	<b>572</b>	<b>5,8</b>	<b>35,9</b>
Лида-1300	1434	12,7	839	7,2	389	3,9	27,1
Лида-1600	158	1,4	197	1,7	183	1,8	115,8
<b>Зарубежное производство - всего</b>	<b>2048</b>	<b>18,1</b>	<b>1683</b>	<b>14,5</b>	<b>1396</b>	<b>14,0</b>	<b>68,2</b>
В том числе:							
<b>ОАО «Ростсельмаш»</b>	1062	9,4	724	6,2	478	4,8	45,0
Дон-1500А/1500Б	925	8,2	584	5,0	338	3,4	36,5
Акрос-530	137	1,2	140	1,2	140	1,4	102,2
Джон-Дир (всех модификаций)	281	2,5	279	2,4	270	2,7	96,1
Нью-Холланд (всех модификаций)	36	0,3	46	0,4	53	0,5	147,2
Клаас (Лексикон, Мега, Доминатор, Медион и другие)	669	5,9	634	5,5	595	6,0	88,9
<b>Прочие</b>	<b>488</b>	<b>4,3</b>	<b>211</b>	<b>1,8</b>	<b>147</b>	<b>1,5</b>	<b>30,1</b>

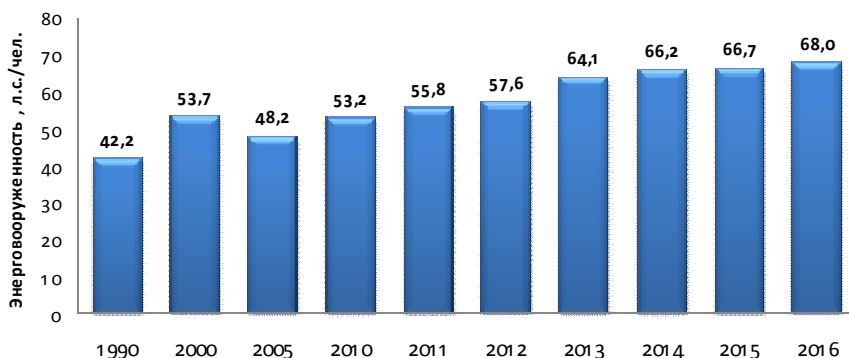


Рисунок 3 – Энерговооруженность сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь в 1990 – 2016 гг. (на конец года)

Одним из важнейших направлений дальнейшего развития и совершенствования материально-технической базы села является внедрение инноваций на базе навигационного оборудования и систем. Современные реалии таковы, что ныне уже невозможно увеличивать производительность труда в сельхозпроизводстве, не внедряя высокоинтенсивные технологии при всесторонней поступательной модернизации всего сельского хозяйства на основе информационно-коммуникационных систем.

В Программе социально-экономического развития республики Беларусь на 2016 – 2020 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь № 466 от 15.12.2016 г. [4], в разделе «Цифровая трансформация экономики (информатизация)» определено: в сельском хозяйстве намечается переход к точному земледелию, основанному на широком использовании данных спутниковых систем связи и навигации, автоматизированных систем сбора информации и управления процессами.

К 2020 г. планируется широкое внедрение технологий электронного сельского хозяйства. Предусматриваются проектирование,

разработка, оценка и применение инновационных способов использования информационно-коммуникационных технологий в сельском хозяйстве не менее чем на 5 % сельскохозяйственных пахотных земель.

Из утвержденной постановлением Совета Министров Республики Беларусь № 196 от 11 марта 2016 года Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы [1], важнейшими мероприятиями, предусмотренными подпрограммой: «Техническое переоснащение и информатизация агропромышленного комплекса» являются: внедрение технологий ресурсосберегающего точного земледелия, в том числе за счет приобретения перспективных машин, оснащенных навигационной системой и обеспечивающих компьютерное управление технологическим процессом; разработка, внедрение и сопровождение в агропромышленном комплексе систем управления ресурсами, географических информационных систем, автоматизированных информационных систем и банков данных, в том числе систем по сбору, обработке и анализу данных, информационных систем по совершенствованию административных процедур; обеспечение создания, функционирования и развития системы ведомственного информационного взаимодействия в агропромышленном комплексе. Широкое внедрение в машинно-тракторный парк АПК республики новейших информационных технологий, систем спутниковой навигации и мониторинга позволит эффективно осуществлять эксплуатационно-технологический мониторинг агрегатов в процессе их работы, позиционирование мобильных машин, контроль состояния технических объектов, ход выполнения и качество технологических операций, объем выполненных работ [5].

При общей тенденции снижения количества мобильных машин в сельском хозяйстве по некоторым позициям (тракторы, зерноуборочная и автотранспортная техника) за 4 года количество машин уменьшилось от 8,6 % до 17,2 %, а доля сельхозмашин укомплектованных навигационной системой за рассматриваемый период по этим позициям существенно выросла в 2,4 – 2,5 раза (таблица 5).

*Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

Таблица 5 – Динамика наличия некоторых видов сельхозмашин в сельскохозяйственных организациях Республики Беларусь за 2012 – 2016 гг.  
(на конец года)

Группы, виды машин	2012	2013	2014	2015	2016	Совокупный среднегодовой темп роста	2016 к 2012
	шт.						
Всего тракторов (без тракторов, на которых смонтированы землерейные, мелиоративные и другие машины)	45162	43804	42039	43569	41267	-2,2	91,4
из них тракторов, укомплектованных навигационной системой	1325	1533	1915	2787	3245	25,1	244,9
Всего зерноуборочных комбайнов	12004	11637	11062	10522	9937	-4,6	82,8
из них зерноуборочных комбайнов укомплектованных навигационной системой	71	99	118	165	179	26	252,1
Всего грузовых автомобильных транспортных средств	23195	22175	21059	20765	19408	-4,4	83,7
из них грузовых автомобильных транспортных средств, укомплектованных навигационной системой	926	999	1214	1954	2208	33,6	238,4

Примечание. Таблица составлена и рассчитана по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь.

По состоянию на конец 2016 г., доля тракторов, оборудованных системами спутниковой навигации, составляет немногим более 3 тыс. единиц или 7,9 % от совокупного тракторного парка сельхозпредприятий. Вместе с тем, проведенные расчеты показывают, что при ежегодном увеличении темпа роста по оснащению тракторного парка навигацией в 37 – 40 % и при поступлении новых тракторов в хозяйства с уже оборудованными спутниковыми системами, требуется около 7 – 8 лет для полной доукомплектации общего

тракторного парка АПК республики навигационным оборудованием. Доля зерноуборочных комбайнов укомплектованных навигационной системой от всего парка зерноуборочных комбайнов на конец 2016 г. составляет 1,8 %, годовой темп роста по оснащению навигационными системами составил 26 %. Однако, учитывая, что парк зерноуборочных комбайнов республики состоит из почти 10 тыс. ед., то при таком среднегодовом темпе роста по оснащению навигацией этого сегмента машин, чтобы добиться полного оснащения всего парка зерноуборочных комбайнов потребуется более 17 лет, что совершенно неприемлемо для достижения уровня современного высокотехнологичного сельхозпроизводства в Беларуси за текущую пятилетку (2016 – 2020 гг.). Иначе складывается ситуация с парком грузовых автомобильных транспортных средств в АПК. Доля грузовых автомобильных транспортных средств укомплектованных навигационной системой от всего грузового транспортного парка составляет немного более 11,4 % при темпе роста оснащения машин системами навигации в 24,3 % за 2010 – 2016 гг. Расчеты показывают, что при устойчивом среднегодовом темпе роста не менее 43 % для полного оснащения всего транспортного грузового парка машин потребуется не более 6 лет.

Из анализа данных можно заключить, что происходит активное самостоятельное оснащение системами навигации парка тракторов, зерноуборочных комбайнов и автомобильных грузовых транспортных средств непосредственно самими сельхозорганизациями собственными силами или за собственные средства с привлечением специализированных сторонних организаций. Так, за 2016 г. в Республике Беларусь общее количество тракторов укомплектованных навигационной системой увеличилось почти на 17 %, а поступило новых с уже установленной навигационной системой менее 0,7 % к общему количеству оборудованных навигацией на конец года. Это свидетельствует о том, что важность и необходимость комплектации мобильных машин навигационным оборудованием для эффективного ведения сельскохозяйственного производства уже давно понимается именно на уровне сельхозпроизводителя. Задача государства в лице Министерства сельского хозяйства и продовольствия, областных и районных исполнительных комитетов и отечественных производителей сельскохозяйственной техники состоит прежде всего в создании благоприятных условий, в том числе и

финансовых, для дооснащения машинно-тракторного парка современными системами и средствами навигации, а также другим высокотехнологичным оборудованием.

**Заключение.** Установлено, что повышение эффективности функционирования сельского хозяйства зависит не только от своевременного технического переоснащения сельскохозяйственных товаропроизводителей всех форм собственности, но и от комплектации действующего машинно-тракторного парка современными системами и средствами навигации для внедрения технологий ресурсосберегающего точного земледелия.

#### Список использованной литературы

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы: утв. постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 11 марта 2016 г. № 196 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь от 26 марта 2016 г. № 5/41842.

2. Такун, А.П. Лизинг новой сельскохозяйственной техники в Белоруссии: состояние и проблемы / А.П. Такун, И.Л. Ковалёв // Агробизнес: экономика – оборудование – технологии. – М.: Сельхозиздат. – 2015. – № 7. – С. 51 – 62.

3. Сайганов, А.С. Методические рекомендации по совершенствованию системы агросервисного обслуживания сельскохозяйственных товаропроизводителей в условиях инновационного развития и модернизации АПК Республики Беларусь [Текст] / А. С. Сайганов, А.П. Такун, И.Л. Ковалев [и др.]. – Минск : Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси. – 2016. – 141 с.

4. Программа социально-экономического развития республики Беларусь на 2016 – 2020 годы: утв. Указом Президента Республики Беларусь от 15 декабря 2016 года № 466 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь 21 декабря 2016 г. № 1/16792.

5. Ковалёв И.Л. О темпах оснащения системами навигации сельскохозяйственного машинно-тракторного парка Беларуси / И.Л. Ковалёв // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и

ремонт. – М.: Сельхозиздат. – 2017. – № 5-6. – С. 83-89.

**Abstract.** The article deals with the analysis of the technical equipment of agricultural commodity producers with the main types of machinery and equipment. The mechanism for the supply of various agricultural machinery on leasing terms is presented. The main directions for further technical re-equipment of the agricultural production of the republic are given.

УДК 631.3

**Герасимов В.С.**, заведующий лабораторией;

**Игнатов В.И.**, доктор технических наук;

**Буряков С.А.**, старший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

*«Федеральный научный агроинженерный центр ВИИМ»,*

*г. Москва, Российская Федерация*

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ РЕЦИКЛИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРЕДПРИЯТИЙ ИНЖЕНЕРНОЙ СФЕРЫ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РОССИИ**

***Аннотация.** В статье подробно рассмотрена возможность использования предприятий инженерной сферы АПК России для формирования системы утилизации, вышедшей из эксплуатации сельскохозяйственной техники (ВЭСХТ). Используя материалы исследований, проведенных в различных регионах, был сделан анализ работы отдельных агрохозяйств по утилизации сельхозтехники с привлечением специализированных и ремонтно-технических предприятий.*

**Введение.** Эффективность отраслевой системы утилизации сельскохозяйственной техники в значительной мере зависит от уровня технико-технологического оснащения предприятий, осуще-

ствляющих подготовку компонентов отходов от выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники (ВЭСХТ) к отправке потребителям этих компонентов. Поэтому в данной работе основное внимание было уделено именно этим предприятиям.

**Основная часть.** Одним из базовых положений разрабатываемой системы является использование технического, технологического и интеллектуального потенциала ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) АПК. Поэтому состояние ремонтной базы АПК и возможность её использования в качестве базовых предприятий, осуществляющих утилизацию ВЭСХТ, имеет большое значение для формирования системы. Эти предприятия даже в современных сложных условиях являются мощным производственным потенциалом с большими техническими, технологическими и интеллектуальными возможностями.

Была проанализирована структура инженерной сферы АПК и разработана структура инженерной сферы агропромышленного комплекса РФ (рисунок 1). Как показал анализ, АПК России располагает значительным спектром специализированных предприятий. Большинство этих предприятий имеет необходимые компетенции в вопросах ремонта сельскохозяйственной техники, которые подтверждены сертификатами соответствия.

В настоящее время по данным Минсельхоза России и данных проведённого обследования в состав РОБ входят около 720 ремонтно-обслуживающих предприятий различного уровня (по состоянию на 01.01.2017 г.). Они связаны с удобным для потребителей АПК географическим положением, имеют с ними длительные хозяйственные связи, а также необходимые компетенции в вопросах утилизации ВЭСХТ.

В процессе проводимых ФГБНУ ФНАЦ ВИМ исследований в агрохозяйствах различных регионах России был проведен анализ ряда ремонтных предприятий на предмет возможности осуществления ими процесса подготовки компонентов ВЭТ к реализации, продиагностированы основные варианты его проведения [1].



Рисунок 1 – Структура инженерной сферы агропромышленного комплекса Российской Федерации

Так, например, в ООО «Краснодарагроальянс» Динского района ВЭСХТ (рисунок 2) попадает на пост утилизации, где сначала сливают все технические жидкости, а затем снимают все детали и узлы - шины, аккумуляторную батарею, топливный бак, сиденья, стекла и т.д. Часть агрегатов, узлов и деталей после отбраковки направляют на восстановление, а часть – на переработку и рециклирование материалов.



Рисунок 2 – Выведенный из эксплуатации зерноуборочный комбайн в ООО «Краснодарагроальянс» Динского района

Годные детали и сборочные единицы после дефектации поступают на склад для повторного использования или реализации, годные к восстановлению - в цех восстановления изношенных деталей. Разукомплектованный комбайн для удобства транспортировки разрезают на отдельные части.

Неиспользуемый отходы, которые могут содержать ткани, пластики, полимеры, стекло, набивку, виниловое покрытие, грязь, дерево, вывозятся на места захоронения или сжигаются. Как показали исследования, таких отходов образуется до 15...20% по причине их невостребованности.

В связи с мировой тенденцией снижения общего веса среднего комбайна и увеличения использования пластмасс и полимеров мас-

са металлов постоянно снижается и все больше нерезицируемых отходов остается после утилизации, которые требуют захоронения, увеличивая объёмы свалок.

Как показал анализ состояния и тенденции развития применяемых утилизационных процессов ВЭСХТ в Краснодарском крае и других регионах России, ситуация по проведению утилизации не улучшается и это касается различных аспектов – технических, технологических, правовых, экономических, организационных, экологических, социальных и др. Для изменения ситуации и создания положительной тенденции её развития, необходима разработка и скорейшее внедрение отраслевых систем утилизации, в том числе ВЭСХТ.

Отсутствие системы утилизации ВЭСХТ, обеспечивающей мотивации всем участникам для её проведения, в значительной мере препятствует планомерному обновлению парка техники.

Такая ситуация приводит к использованию устаревших техники и технологий, повышению стоимости проведения с использование этой технике работ, снижает конкурентоспособность предприятий, использующих устаревшую технику.

Особенно сильно это сказывается на производителях сельхозпродукции. Большинство сельскохозяйственной техники используется за пределами эффективных сроков её службы (рисунок 3).

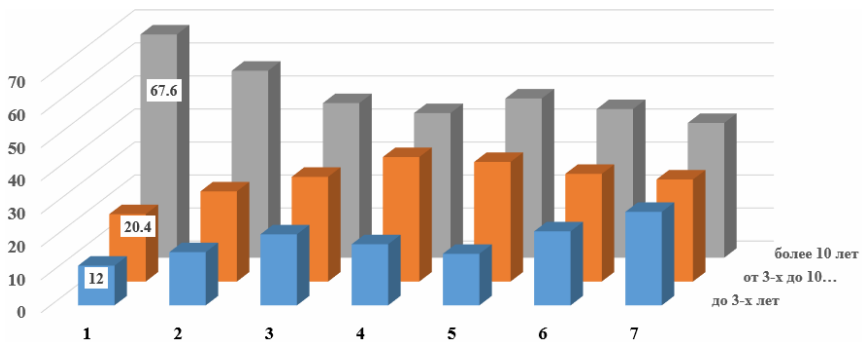


Рисунок 3 – Структура парка сельскохозяйственных машин, %:

- 1 – тракторы; 2 – зерноуборочные комбайны; 3 – кормуборочные комбайны;
- 4 – свеклоуборочные комбайны; 5 – опрыскиватели; 6 – разбрасыватели минеральных удобрений; 7 – разбрасыватели органических удобрений.

Удлинение сроков службы устаревшей СХТ приводит, с одной стороны, к снижению производительности из-за снижения коэффициента технической готовности, с другой – к увеличению затрат на проведение технических воздействий (рисунок 4).

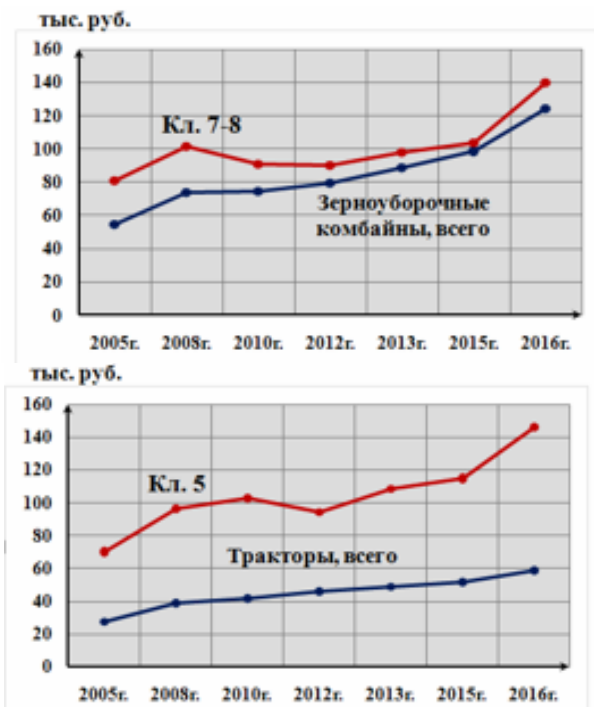


Рисунок 4 – Годовые затраты на ремонт на единицу СХТ

В таблице 1 представлена полученная информация из агрохозяйств Краснодарского края, Пензенской, Курганской и Тверской областей. Исследования в этих регионах были проведены в 33 агрохозяйствах, в которых применялись три основных варианта утилизации СХТ:

- в собственных мастерских агрохозяйств;
- в специализированных ремонтно-технических предприятиях (РТП) областного (районного) уровня;
- отказ от утилизации с передачей этой функции новому владельцу устаревшего (продажи) трактора, комбайна, сельхозмашины.

Как показал анализ представленной в анкетах информации, подавляющее количество агрохозяйств (52%) предпочитает проводить технологические процессы подготовки компонентов отходов от ВЭСХТ собственными силами, используя собственный технический потенциал и реализуя, в основном, компоненты ВЭТ. Около 40% хозяйств используют технологические и технические возможности близлежащих РТП, что на наш взгляд является более эффективной мерой перехода на мало- и безотходные циклы утилизации сельскохозяйственной техники, т. е. получение максимальных объемов вторичных ресурсов в виде запасных частей, материалов и других компонентов.

Таблица 1 – Варианты проведения работ по подготовке компонентов отходов от ВЭСХТ, колич. / %

Наименование региона	в мастерских агрохозяйств	в РТП областного (районного) уровней	силами нового собственника устаревшей техники
Пензенская обл.	8	-	2
Краснодарский край	1	12	-
Курганская обл.	7	1	-
Тверская обл.	1	-	1
ИТОГО	17 / 52	13 / 39	3 / 9

Около 9% агрохозяйств избавляется от устаревшей техники (10 и выше лет эксплуатации), реализуя ее новому владельцу за 15 – 20% от первоначальной стоимости.

Дальнейшими исследованиями было установлено, что эти машины приобретают в основном специализированные ремонтные предприятия, которые наряду с утилизацией проводят также глубокую модернизацию изношенной техники, имеющую достаточно высокий остаточный ресурс. При этом предприятия, приобретающие устаревшую технику и осуществляющие её утилизацию с применением селекции годных деталей являются рентабельными.

Было также проведено обследование 32-х агрохозяйств на предмет транспортной логистики. Получены следующие результаты, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Варианты доставки техники на утилизацию

Варианты доставки	Кол-во предприятий, %
Кольцевой маршрут силами предприятия, проводящих утилизацию сельхозмашин	25
Самостоятельная доставка техники на утилизационные предприятия	7

То есть 78 % агрохозяйств осуществляют доставку списанной техники на предприятия, проводящие утилизацию по первому варианту, что оказалось на 15 – 20 % дешевле, нежели самостоятельная доставка.

Одним из важнейших вопросов, который рассматривался в ходе проведения мониторинга, и на который необходимо было получить ответ, это экологическая безопасность. Определялся уровень решений, которые принимались агрохозяйствами с опасными отходами, негативно воздействующими на окружающую среду: элементы, содержащие свинец, отработанные масла, технические жидкости, пластики и т. д. Результаты исследований представлены в таблице 3.

Как видно из представленной информации, большинство агрохозяйств (78%) передают элементы утилизируемой сельхозтехники, представляющие экологическую опасность на переработку в специализированные предприятия. Самостоятельно осуществляют переработку 12 % агрохозяйств. Но имеются и предприятия (10 %), которые по каким-то причинам используют третий вариант, при котором опасные отходы размещаются на несанкционированных свалках.

Таблица 3 – Количество предприятий, применяющие варианты обращения с опасными отходами

Варианты переработки опасных отходов	Номера регионов*			
	23	58	45	69
передают на переработку в специализированные предприятия	13	7	6	2
самостоятельно осуществляют переработку вредных элементов	-	2	2	-
вывозят на свалки, сливают на землю или в канализацию	-	2	2	-
* 23 - Краснодарский край; 45 – Курганская область; 58 – Пензенская область; 69 – Тверская область				

Как показал поведённые исследования, большинство РТП АПК в состоянии включиться в процесс утилизации ВЭСХТ, но для этого требуется их модернизация и дополнительные финансовые затраты.

Организация специализированных участков (постов) по СХТ на ремонтно-технических предприятиях (РТП), требует иных технологий, оборудования, принципов организации. Проведение такой модернизации и освоение новых технологий и ремонтного оборудования для проведения утилизационных работ требуют инвестиций, источником которых должен явиться утилизационный сбор. При этом одним из важнейших моментов осуществления утилизации ВЭСХТ является участие в этом процессе производителей техники.

Но при этом однородность проводимых операций при ремонте и утилизации позволяют использовать один и тот же персонал для проведения обоих видов деятельности. Поэтому даже небольшие предприятия могут организовать и осуществлять и ремонт, и утилизацию ВЭСХТ, что позволит им расширить своё производства и повысить технико-экономические показатели предприятия при незначительной его модернизации.

#### Список использованной литературы

1. Утилизация сельскохозяйственной техники проблемы и решения: науч. изд./авт.: С.А. Соловьев, В.Ф. Федоренко, В.И. Игнатов, В.С. Герасимов, В.А. Макуев, И.Г. Голубев. : ФГБНУ «Росинформротех», 2015. 172 с.

**Abstract.** This article discusses the possibility of using the engineering companies of agricultural sector of Russia for the formation of a recycling system emerged from the operation of agricultural equipment. Using the materials of studies conducted in different regions, the analysis was done of separate agricultural enterprises for the utilization of agricultural machinery with specialized and repair and technical enterprises.

УДК 631.3.004.8:339.13

**Щерба А.В.**<sup>1</sup>, директор филиала;  
**Барташевич Л.В.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Барташевич А.Л.**<sup>2</sup>, начальник управления сервиса и технической  
экспертизы

<sup>1</sup>ОАО «Минский тракторный завод» «ТД BELARUS»,  
г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «Минский тракторный завод», г. Минск, Республика Беларусь

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СЕРВИСА ТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ «БЕЛАРУС»**

***Аннотация.** В статье намечены пути решения проблемы совершенствования и развития сервисной сети ОАО «Минский тракторный завод» в агропромышленном комплексе Республики Беларусь.*

**Введение.** Технический сервис является одним из важнейших инструментов в конкурентной борьбе между производителями за рынок и сферы влияния. Наряду с постоянным совершенствованием и усложнением конструкций тракторной техники, технологий ее производства, необходим новый подход к методам эксплуатации выпускаемой продукции, ее техническому обслуживанию и ремонту. С другой стороны, постоянно растут требования потребителей к сервису приобретаемой ими техники: качеству проведения технических обслуживаний, гарантийных ремонтов, обеспечению запасными частями. Срок службы высокотехнологичных машин, оснащенных сложными электронными и автоматизированными системами управления, напрямую зависит от квалификации эксплуатирующего персонала и соблюдения правил эксплуатации. Обучение технического персонала в эксплуатирующих организациях также является важной задачей сервисных служб.

В сложившейся ситуации перед изготовителями энергонасыщенной техники стоит задача организовать разветвленную и эффективную сервисную сеть для поддержания в работоспособном состоянии выпускаемой ими продукции, как в гарантийный, так и в послегарантийный периоды эксплуатации.

**Основная часть.** В последние годы в АПК Республики Беларусь ведется интенсивное обновление машинно-тракторного парка. В хозяйства поступают современные энергонасыщенные тракторы «Беларус», заменяющие устаревшие и выработавшие свой ресурс машины. Так в период с 2013 по 2018 гг. в хозяйства РБ было поставлено 856 тракторов новых моделей «Беларус-1523/2022/3022/3522» (таблица 1).

Таблица 1 – Поставки энергонасыщенных тракторов в хозяйства Республики Беларусь в 2013 – 2018 гг.

Годы	Модель трактора			
	«Беларус-1523»	«Беларус-2022»	«Беларус-3022»	«Беларус-3522»
2013	45	12	205	230
2014	61	13	39	280
2015	115	51	91	160
2016	43	8	17	58
2017	55	6	17	73
2018	17	3	8	55
Всего	336	93	377	856

Наращиваются поставки тракторов указанных моделей и на экспорт в страны СНГ и дальнего зарубежья.

Поставки тракторов и тракторокомплектов на сборочные производства с «МТЗ-ХОЛДИНГ» в 2017 году составили:

- в Российскую Федерацию – 11,5 тыс. единиц;
- в страны СНГ, Украину и Грузию (кроме РФ) – 9,0 тыс. единиц;
- в страны дальнего зарубежья – 9,2 тыс. единиц;
- в Республику Беларусь – 2,5 тыс. единиц.

С целью сохранения и расширения присутствия машин марки «Беларус» на зарубежных рынках на «МТЗ-ХОЛДИНГ» освоено производство новых моделей тракторов с двигателями «DEUTZ», «CATERPILLAR» и ММЗ с топливной системой «COMMON RAIL», соответствующими экологическим требованиям Stage IIIb и IV.

Появление на рынках РБ и РФ сложной энергонасыщенной техники, оснащенной электронными и автоматическими системами управления и контроля, требующей принципиально нового подхода к выполнению технического обслуживания и ремонта, вызвало насущную необходимость в реорганизации и повышении эффективности функционирования сервисной сети, созданной изготовителем.

Для этого надо решить следующие задачи:

1. Создать сеть фирменных технических центров, оснащенных всем необходимым оборудованием и укомплектованных высококвалифицированным персоналом для выполнения сложных ремонтно-диагностических работ.

2. Осуществлять периодический контроль деятельности дилерских технических центров, при необходимости проводить их аттестацию и переаттестацию.

3. Реализовать мероприятия по повышению оперативности работы технических центров и улучшению их материально-технического обеспечения с целью максимального сокращения простоев гарантийной техники в ремонте.

4. Оптимизировать систему расчетов изготовителя с сервисными организациями за выполняемые ими услуги по ремонту гарантийной техники.

5. Провести мероприятия по повышению культуры эксплуатации тракторной техники в эксплуатирующих организациях.

Из мирового опыта развития сервисной сети напрашивается вывод, что основными опорными пунктами должны стать фирменные сервисные центры изготовителя, как предприятия, сосредоточившие передовые технологии технического обслуживания и ремонта с высоким качеством выполняемых работ, являющиеся базами подготовки квалифицированных кадров, образцом оснащения и использования современного ремонтно-диагностического оборудования.

ОАО «МТЗ» планирует открыть в РБ 6 фирменных сервисных центров (по одному в каждой области). Структурная схема взаимодействия фирменных сервисных центров ОАО «МТЗ» и дилерских технических центров приведена на рисунке 1.

На примере фирменных технических центров будут совершенствовать свою работу и структуру, и дилерские технические центры. ОАО «МТЗ» разработаны типовые требования к дилерским техническим центрам:

- наличие актуальных документов, определяющих правовые, организационные и нормативно-технические основы деятельности дилерского технического центра по техническому сервису (реализации) продукции;

- наличие охраняемой территории;
- наличие компетентного персонала;
- наличие оборудования, приспособлений и инструмента, рекомендуемых ОАО «МТЗ» для проведения предпродажной подготовки и технического обслуживания продукции;
- автомобиль технической помощи, оснащенный оборудованием, приспособлениями и инструментом для оперативного устранения отказов непосредственно в хозяйствах;
- помещение (цех, участок) для проведения технического сервиса продукции;
- складские помещения для хранения запасных частей;
- магазин для реализации запасных частей;
- наличие системы достоверного учета сообщений потребителей об отказах и неисправностях гарантийной продукции и принятии надлежащих мер по поступающим сообщениям другие требования.

Для контроля деятельности сервисных центров и качества выполняемых ими работ завод-изготовитель периодически проводит их аттестацию согласно утвержденному графику.

С техническими центрами, не выполняющими своих обязательств перед заводом-изготовителем, расторгаются договорные отношения.

Важной задачей, стоящей перед сервисными центрами, является сокращение сроков простоя гарантийной техники при устранении отказов.

Законодательными актами Республики Беларусь [1, 2] установлено, что в период выполнения сельскохозяйственной организацией посевных и уборочных работ, продукция, вышедшая из строя в гарантийный срок эксплуатации изготовителя (производителя), продавца (поставщика), восстанавливается изготовителем (производителем), продавцом (поставщиком) в технически возможные сроки, но не более чем за 5 дней.

Для сокращения времени восстановления гарантийной (и негарантийной) техники изготовителю важно иметь эффективную структуру сети технических (фирменных и дилерских) центров. Сюда входит определение оптимального количества технических центров в каждом регионе, их рационального расположения с целью сокращения расстояния до основных сельхозпроизводителей, налаженную связь с хозяйствами и др.

Для дилерских технических центров Республики Беларусь оптимальный радиус действия составляет 70-80 км.

Другим важным фактором является наличие и поддержание на дилерских технических центрах необходимого фонда запасных частей для гарантийной техники, а также организация схемы оперативной доставки от изготовителя нужной запасной части в случае необходимости. Это в совокупности с квалифицированными специалистами, прошедшими обучение на учебных центрах завода-изготовителя, является залогом устранения отказов гарантийной и негарантийной техники в кратчайшие сроки.



Рисунок 1 – Структурная схема филиалов торгового дома ОАО «МТЗ» (фирменных сервисных центров) и сторонних организаций, осуществляющих обслуживание техники марки «Беларус» в Республике Беларусь (дилерских технических центров)

Изготовитель также не должен оставаться в стороне от решения проблем поддержания выпускаемой продукции в работоспособном состоянии. Это проявляется в создании мобильных бригад для оказания дилерским техническим центрам в устранении сложных отказов. Для поддержания непрерывности процесса полевых работ одной из задач службы сервиса изготовителя является создание фонда подменной техники, предоставляемой хозяйством во время ремонта.

Для сокращения времени обмена информацией между изготовителем и дилерскими техническими центрами и принятия оперативных решений как связующее звено между ними, необходимо соответствующее электронное программное обеспечение с введением баз по гарантийному парку и учету дефектов.

Для повышения эффективности работы сервисных организаций необходимо обеспечить их материальную заинтересованность по результатам выполненных объемов работ, а также прозрачную и контролируемую систему оплаты. Необходимо внедрять во взаиморасчетах изготовителя с сервисными центрами оплату по факту выполненных работ. Эта система имеет ряд преимуществ [3].

Современная сложная тракторная техника требует высокой культуры эксплуатации. Залогом безотказной работы высокотехнологичных систем является своевременное выполнение технических обслуживаний, регулировок, использование оригинальных запасных частей, эксплуатационных жидкостей. Прецизионные узлы гидросистем требуют чистых рабочих жидкостей, электронное оборудование не допускает некомпетентного вмешательства и игнорирования предупредительных сигналов.

В связи с этим важное значение имеет постоянное обучение и повышение квалификации персонала, эксплуатирующего и обслуживающего поступающую в хозяйства новую технику.

**Заключение.** Дальнейшее развитие технического сервиса сложной тракторной техники предполагает внедрения новых методов организации структуры и принципов деятельности сервисной сети.

1. Создание фирменных технических центров, принадлежащих непосредственно изготовителю или другим исполнителям, которым изготовитель на договорной основе делегировал свои права и обязанности по осуществлению технического сервиса в гарантийный и послегарантийный периоды.

Фирменные технические центры должны стать образцом для создания дилерских технических центров.

2. Структура и организация сервисной сети должна обеспечивать оперативность работы, не допускать простоев гарантийной техники в ремонте более 5 дней, особенно в период полевых работ.

3. Особое внимание сервисные службы должны уделять профессиональной подготовке эксплуатирующего персонала, поскольку культура эксплуатации сложной энергонасыщенной техники в хозяйствах пока еще низкая.

Список использованной литературы

1. Указ Президента Республики Беларусь «О некоторых мерах по повышении ответственности за качество отечественных товаров» -27 марта 2008г., №186.

2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «О гарантийном сроке эксплуатации сложной техники и оборудования» -27 июня 2008г., №952.

3. Совершенствование дилерской системы технического сервиса в АПК Республики Беларусь (В.П.Миклуш, А.С.Сайгаков, Л.В.Барташевич, А.Л.Барташевич). Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК» (Минск 9 июля 2016г.) – Минск; БГАТУ, 2016г. – с.34-41.

**Abstract.** The article outlines the ways of solving the problem of improving and developing the service network of OJSC MTW in the agro-industrial complex of the Republic of Belarus.

УДК 631.173.2

**Мишина З.Н.**, старший научный сотрудник

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

*«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,*

*г. Москва, Российская Федерация*

**ПРОЕКТ НОРМАТИВОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАТРАТ  
СРЕДСТВ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
И РЕМОНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

***Аннотация.** По итогам работы сельскохозяйственных предприятий Российской Федерации за 2017 год (данные годовых отчетов) проведен анализ состояния парка машин. Выявлен возрастной состав имеющей техники. Произведен анализ материально-технического оснащения ремонтных мастерских хозяйств, затрат финансовых средств на ремонт и техническое обслуживание техники. Определена доля ремонта сельскохозяйственной*

*техники, выполняемая в специализированных ремонтных предприятиях. Разработан проект нормативов для планирования ремонта сельхозтехники.*

В рамках системной работы по мониторингу инженерно-технической инфраструктуры агропромышленного комплекса (АПК) проведен анализ состояния парка машин в сельскохозяйственных предприятиях и организаций.

В результате анализа данных и их статистической обработки получены следующие годовые затраты на ремонт техники для растениеводства.

Общий годовой объем ремонта – 53,33 млрд. руб.: 45% составляют расходы на тракторы; 25% – на зерноуборочные комбайны; 10% – на грузовые автомобили. Сохранилась тенденция сокращения объемов работ, выполняемых в специализированных ремонтных предприятиях – до 2,8% по тракторам; по энергонасыщенной технике кл. 5 (импортным такого же класса) эти объемы составляют – 8,0%, кл. 4 – 5%, по зерноуборочным комбайнам кл. 7-8 – 2,9% (таблица 1, рисунок 1).

Таблица 1 – Доля ремонта сельскохозяйственной техники в специализированных ремонтных предприятиях (РТП) и заводах

Наименование машин	Затраты на ремонт		Доля ремонта в РТП и заводах, %
	млрд. руб.	%	
Тракторы, всего	24,16	45,3	2,8
в т.ч. класса 5	6,47	12,1	8,0
класса 4	3,98	7,4	5,0
Грузовые автомобили	5,48	10,3	3,4
Зерноуборочные комбайны, всего	13,45	25,2	2,9
в т.ч. класса 7-8	6,69	12,5	2,9
Кормоуборочные комбайны	2,06	3,8	2,8
Косилки самоходные	0,68	1,3	6,8
Свеклоуборочные комбайны	0,66	1,2	6,9
Плуги	1,53	2,9	0,5
Сеялки	3,12	5,9	0,6
Культиваторы	2,19	4,1	0,3
Итого	53,33	100	3,4



**Суммарные затраты на ремонт -53,33 млрд. руб.**

Рисунок 1 – Распределение затрат средств на ремонт по группам машин в Российской Федерации на 2018 год

Результаты исследования затрат средств на ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственной техники показали, что удельные затраты на ремонт приходящиеся на единицу списочной самоходной техники имеют значительный разброс показателей: по тракторам кл. 5 – 132-320 тыс. руб/год, кл.4 – 89-233 тыс. руб/год, по прочим тракторам – от 59 до 163 тыс. руб/год, по зерноуборочным комбайнам кл. 7-8 – 126-294 тыс. руб/год, а также по другим маркам зерноуборочных комбайнов – от 115 до 239 тыс. руб/год.

Затрат средств на ремонт и техническое обслуживание сельскохозяйственной техники, отнесенных к одной списочной машине (тракторов и комбайнов), зависит от уровня оснащенности ремонтных мастерских сельхозпредприятий техническим оборудованием, при его наличии необходимом объеме имеется возможность проводить восстановление узлов, агрегатов и деталей. В итоге снижает стоимость ремонта, а сами ремонтные работы выполняются с меньшими материальными затратами и более высоким качеством ремонта.

Анализ состояния ремонтных мастерских хозяйств показал, что технологическое оборудование, инструментом, нормативно-техническая документация за последние 20 лет практически не об-

новлялись. Имеющаяся нормативно-техническая документация в сельхозпредприятиях относится исключительно к специализированным ремонтным предприятиям и заводам, поэтому не выполняются все требования, которые заложены в этих документах. Тем самым снижая качество ремонта сельскохозяйственной техники, что ведет в конечном итоге и к снижению уровня технической готовности всего машинно-тракторного парка [1].

Положение усугубляется еще и тем, что в парке машин преобладает техника в возрасте десяти и более лет, т.е. находящаяся за пределами нормативных сроков использования (таблица 2). Поэтому количество исправной энергонасыщенной техники к моменту выхода на полевые работы составляет в большинстве регионов 82-85% от наличия.

Таблица 2 – Структура парка сельскохозяйственной техники

Наименование	до 3 лет, %	от 3 до 10 лет, %	более 10 лет, %
Тракторы	12,02	20,49	67,49
Зерноуборочные комбайны	16,11	27,28	56,61
Кормоуборочные комбайны	21,56	31,65	46,80
Свеклоуборочные комбайны	18,53	37,72	43,83

Как показали результаты исследований состояние парка сельхозтехники в целом характеризуется как критическое. Одной из причин такого состояния является дефицит техники, которая используется в несколько раз интенсивней, чем в других странах с развитой агротехникой. Это связано с тем, что по количеству тракторов на 1000 га пашни Россия отстает от мирового уровня более чем в 5 раз, по количеству зерноуборочных комбайнов – в 3,3 раза [2].

Проведённые нами исследования полностью подтверждают это положение в агропромышленном комплексе. Особенно это касается тракторов и зерноуборочных комбайнов, срок эксплуатации которых достигает более 10 лет, а по отдельным видам самоходной сельскохозяйственной техники (15 – 17 %) достигает 15 и более лет.

Вследствие сокращения машинно-тракторного парка и его старения сокращаются посевные площади. Упрощаются технологии возделывания сельскохозяйственных культур и обслуживания животных, происходит дальнейшее снижение валового производства сельскохозяйственной продукции. С целью определения факторов, оказывающих влияние на эффективность работы хозяйств (размер

прибыли и выручки от реализации сельхозпродукции), последние были распределены на три группы хозяйств в зависимости от рентабельности.

В первую группу хозяйств с общей посевной площадью 33,9% вошли сельхозтоваропроизводители, получающие выручку от реализации сельхозпродукции равную 77,5% и прибыль – 94,4% от общих показателей по сельхозпредприятиям.

Вторая группа хозяйств, имея 32,7% посевных площадей республики, получает выручку 15% и прибыль – 8,1% от общереспубликанских показателей.

Третья группа хозяйств, располагая 32,9% посевных площадей республики, получает выручку равную 7,5% и убыток в размере около 1 млн. руб. (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние технической оснащенности сельскохозяйственных предприятий на эффективность работы

Показатели	Группа		
	первая	вторая	третья
Количество тракторов на 1000 га посевной площади, шт.	7,1	5,5	3,9
Энергообеспеченность на 100 га посевной площади, л.с.	160,5	141,8	125,7
Рентабельность, убыточность (-), %	17,6	5,1	-6,4
Выручка от реализации сельхозпродукции, млн. руб.	3003	581,3	291,1

Чтобы улучшить данное положение, особенно по третьей группе сельскохозяйственных предприятий, предлагается использовать нормативы затрат средств на ремонт техники, обеспечивающих их сокращение за счет организации восстановления запасных частей, так как эти затраты составляют 60 – 80% от общих затрат на ремонт. Нормативы удельных затрат, приведенные в таблице 4, рассчитаны на основе средних фактических затрат с учетом введения понижающего коэффициента 0,8.

Данный понижающий коэффициент определен с учетом возможности использования в хозяйствах недорого оборудования для восстановления и упрочнения наиболее часто заменяемых деталей, в том числе к почвообрабатывающей технике [3].

Таблица 4 – Проект нормативов, включающих: коэффициенты охвата ремонтом, трудоемкость ремонта и удельные затраты средств на ремонт основных групп сельскохозяйственной техники

№ п/п	Наименование групп сельскохозяйственной техники	Нормативы		
		Коэффициент охвата ремонта	Трудоемкость *) ремонта, чел.-час.	Затраты средств **) на ремонт техники, тыс. руб.
1	Тракторы кл. 5	0,49	136,4	26,4
2	Тракторы кл. 4	0,54	162,0	19,0
3	Прочие тракторы	0,47	165,0	20,1
4	Зерноуборочные комбайны кл 7-8	0,62	230,0	28,2
5	Прочие зерноуборочные комбайны	0,66	180,0	32,3

\* Для тракторов на 1000 усл. эт. га., для комбайнов - на календарный год

\*\* Для тракторов на 1000 усл. эт. га., для комбайнов - на 100 физ. га уборочной

**Вывод.** Нормативы, рассчитанные с использованием понижающего коэффициента, будут стимулировать ремонтные предприятия и хозяйства на развитие восстановления деталей, что может обеспечить общую годовую экономию расходовемых средств на ремонт в объеме 20-25% от общих фактических затрат средств на ремонт расходовемых в настоящее время сельхозтоваропроизводителями. Нормативы могут быть рекомендованы для хозяйств и ремонтных предприятий с периодом их использования в 2018-2020 гг.

На сэкономленные средства у сельскохозяйственных предприятий появится возможность переоснащения своих ремонтных мастерских новым современным оборудованием и внедрением простейших технологий восстановлению деталей, что позволит обеспечить техническую готовность машинно-тракторного парка до 95%.

#### Список использованной литературы

1. Соловьев С.А. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники / С.А. Соловьев, В.П. Лялякин, С.А. Горячев, З.Н. Мишина и др. // ФГБНУ «Росинформагротех». – 2014. – 160 с.

2. Лачуга Ю.Ф. К проблеме технической и технологической модернизации сельского хозяйства / Ю.Ф. Лачуга, А.М. Бондаренко // Механизация и электрификация животноводства, растениеводства - 2013. - № 1 (21). - С. 4-12.

3. Волкова З.Н. Исследование состояния ремонтной базы сельского хозяйства и разработка нормативов планирования затрат на ремонт сельскохозяйственной техники / З.Н. Волкова, С.А. Горячев // Труды ГОСНИТИ. – 2013. - № 112.- С. 9-14.

4. Черноиванов В.И. Оптимизация ремонтно-обслуживающей базы АПК / Черноиванов В.И., Горячев С.А., Пильщиков Л.М. и др. // ФГНУ «Росинформагротех», 2007 - 52 с.

5. Черноиванов В.И. Техническое обслуживание, ремонт и обновление сельскохозяйственной техники в современных условиях / Черноиванов В.И., Горячев С.А., Пильщиков Л.М., Голубев И.Г. // ФГНУ «Росинформагротех», 2008. - 148 с.

6. Черноиванов В.И. Мониторинг состояния предприятий инженерно-технической инфраструктуры АПК по техническому обслуживанию и ремонту отечественной и импортной сельхозтехники / Черноиванов В.И., Краснощекоев Н.В., Горячев С.А. и др. // ФГНУ «Росинформагротех», 2009.- 98 с.

7. Табаков П.А. Влияние технической оснащенности сельского хозяйства на эффективность производства / П.А. Табаков // Техника и оборудование для села. – 2012. - №2.

8. Мишина З.Н. Состояние инженерно-технического обеспечения сельскохозяйственного производства России / З.Н. Мишина, П.А. Табаков // Труды ГОСНИТИ. – 2018. - №130. – С. 12-19.

**Abstract.** Following the results of work of the agricultural enterprises of the Russian Federation for 2017 (data of annual reports) the analysis of a condition of the park of cars is carried out. The age structure of the having equipment is revealed. The analysis of material equipment of repair shops of farms, costs of financial means of repair and maintenance of the equipment is made. The share of repair of agricultural machinery which is carried out in specialized repair shops is defined. The draft of standards is developed for planning of repair of agricultural machinery.

УДК 631.173

**Костомахин М.Н.**, кандидат технических наук;

**Воронов А.Н.**, соискатель

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

*«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,*

*г. Москва, Российская Федерация*

## **СБОР ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ GPS/ГЛОНАСС**

*Аннотация. В статье представлен анализ систем дистанционного мониторинга технического состояния машинно-тракторного парка, рассмотрены возможности наиболее рационального применения этих систем для сбора информации о надежности мобильной сельскохозяйственной техники.*

В процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники, происходит изменение технического состояния ее узлов и агрегатов, вызванное процессами изнашивания, коррозии, механических напряжений и пр., что приводит к отказу, т.е. событию, связанному с нарушением работоспособности [1]. Одной из основных задач, решаемых при эксплуатации сельскохозяйственных машин, является повышение эффективности их использования и обеспечения сохранности их эксплуатационных свойств на заданном уровне [2]. Для решения данной задачи необходимо, как можно точнее, собирать данные о надежности групп одноименных деталей (срок службы или ресурс, наработка на сложный отказ и т.д.).

Одним из эффективных способов контроля технического состояния машин и механизмов, на сегодняшний день, являются системы удаленного мониторинга объектов (например, через системы спутниковой навигации). Спутниковый мониторинг транспорта используется для решения задач транспортной логистики, в системах управления перевозками и автоматизированных системах управления автопарком, также системы спутниковой навигации позволяют осуществлять мониторинг технического состояния машин [3].

Оснащение сельскохозяйственной техники такими системами удаленного мониторинга, позволяет улучшить качество ее технической эксплуатации, на основе круглосуточного, в режиме реально-

го времени, автоматического мониторинга. Оценить качество эксплуатируемых современных зарубежных и отечественных машин, представленных на рынке сельскохозяйственной техники можно определив их эксплуатационные характеристики, включая и показатели надежности.

Как известно, наиболее достоверные данные о надежности техники можно получить статистической обработкой массовой информации с мест эксплуатации, когда для определения основных показателей надежности (безотказности и долговечности) проводят испытаний до отказа всех элементов машины (деталей, узлов, агрегатов) испытуемой партии [4]. Однако проведение таких испытаний требует значительных затрат, что экономически нецелесообразно.

Наиболее достоверным и менее затратным является способ получения информации о надежности при наблюдении в рядовой эксплуатации, когда наблюдения в силу рассеивания наработок до отказов машин должны быть значительной продолжительности, при этом техника используется по назначению совершая полезную работу.

Таким образом, проанализировав существующие способы сбора информации о надежности, целесообразно проводить сбор данных используя информацию об изменении ее текущего технического состояния, посредством мониторинга ресурсных параметров. Данный способ реализуется при известных предельных и допускаемых отклонениях контролируемых ресурсных параметров, характеризующих износ деталей и соединений (Рисунок 1).

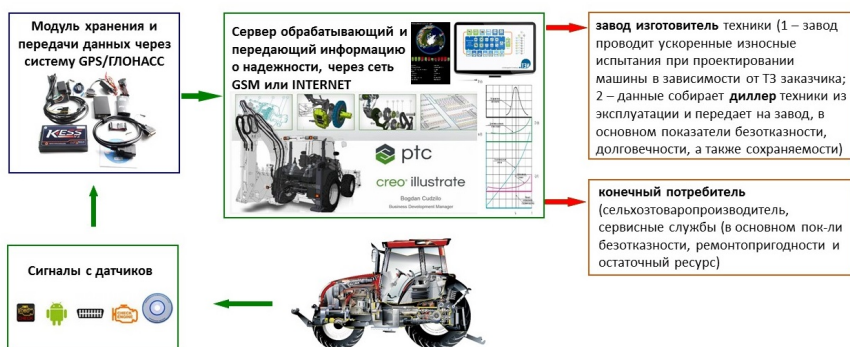


Рисунок 1 – Схема дистанционного сбора информации о надежности сельскохозяйственной техники

Опыт эксплуатации машинно-тракторного парка показывает, что при разработке систем мониторинга технического состояния техники целесообразен вариант, когда мониторинг контролируемых параметров осуществляется дистанционно, например, с использованием систем спутниковой навигации (ГЛОНАСС/GPS). Задача по сбору информации о надежности также может быть частично решена с использованием технологий беспроводной передачи данных, как в режиме online, так и в режиме offline, где передача данных осуществляется по проводным каналам (например, USB), либо через беспроводные каналы (например, Bluetooth/Wi-Fi), а далее через сеть Internet.

Современные высокотехнологичные автомобили, дорожно – строительная, сельскохозяйственная и пр. техника содержат CAN – шину, которая представляет собой витую пару [5]. По ней передается огромное количество параметров, таких как: температура двигателя; давление турбины; давление в тормозной системе; наработка; нагрузка на ось и др. характеристики.

Одним из трендов развития систем мониторинга машинно – тракторного парка является оснащение транспорта современным оборудованием (ГЛОНАСС/GPS – трекерами) позволяющим считывать данные бортовой системы машины с CAN – шины (например, с помощью модуля CAN – LOG ) (Рисунок 2, а), через диагностический разъем OBD - II бортовой системы машины (Рисунок 2, б).

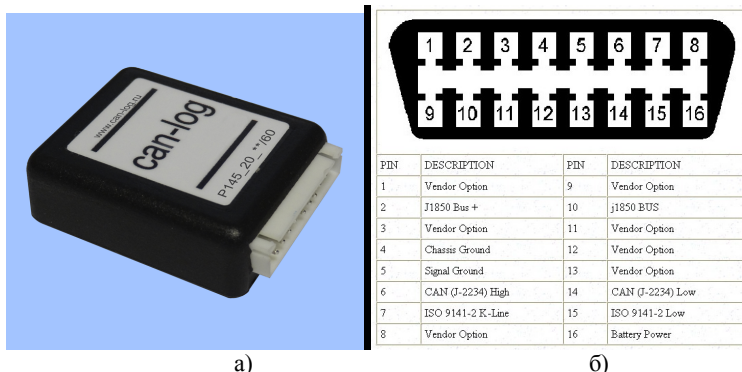


Рисунок 2 – Устройство, позволяющее считывать данные с бортовой системы:  
 а – модуль CAN – LOG, считывающий данные с CAN – шины автомобиля;  
 б – диагностический разъем OBD - II системы бортовой диагностики.

CAN – LOG считывает нужную информацию с огромного числа моделей грузовых и легковых автомобилей, а также сельскохозяйственной техники. Считывание данных с CAN – шины позволяет оценить состояние техники с помощью множества параметров. Основными параметрами, получаемыми с помощью CAN – LOG и трекера, являются:

- безопасность (замок зажигания, штатная сигнализация);
- уровень топлива в баке;
- обороты двигателя;
- полное время работы двигателя;
- полный пробег транспортного средства;
- полный расход топлива;
- температура двигателя;
- скорость движения;
- нагрузка на ось 1/2/3/4/5.

Для просмотра необходимых параметров достаточно подключить трекер к бортовой сети автомобиля, а CAN – LOG к CAN – шине. В зависимости от выбранных настроек считывается необходимая информация, которая передается на ПК/сервер для дальнейшей обработки. Благодаря этой особенности трекеры могут диагностировать бортовую сеть машины и передавать на центральный сервер наряду с GPS-данными дополнительно информацию об основных параметрах технического состояния техники. Данная функция значительно повышает возможность удаленного мониторинга состояния машинно-тракторного парка, за счет обеспечения автоматизированного контроля нахождения в допустимых пределах необходимых контролируемых параметров агрегатов и узлов машин.

Таким образом, можно установить, что количественное значение показателей безотказности и долговечности системы (машины, механизма) может определяться на основе анализа отказов деталей/элементов машины в эксплуатационных условиях, при этом техника может использоваться по назначению совершая полезную работу. На основании собранных статистических данных и их анализа (группы одноименных деталей), представится возможным определить закон распределения ресурса и рассчитать такие количественные показатели надежности как: вероятность безотказной работы  $P(t)$  в допустимых пределах в течении время  $t$ , средний прогнозируемый ресурс деталей  $T_{ср}$ , а также частоту отказов  $n$ .

Рассмотренный способ позволит при эксплуатации дистанционно оценивать надежность энергонасыщенных машин и повысить

эффективность ее использования, позволит своевременно осуществлять технический сервис неэффективно работающих машин и сократить затраты на их эксплуатацию.

Список использованной литературы

1. Пучин, Е.А. Основы теории надежности и диагностики технических систем [Текст] /Е.А. Пучин. – М.: ФГБНУ «Росинформротех», 2013. – 182с.
2. Половко, А.М. Основы теории надежности [Текст] / А.М. Половко. – М.: Наука, 1964. – 448 с.
3. Разработать систему удаленного мониторинга технического состояния с/х машин, обеспечивающую передачу контролируемых параметров через ГЛОНАСС [Текст] / Отчет о научно-исследовательской работе. – М.: ГОСНИТИ, 2012.
4. ГОСТ 27.301 - 95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения [Текст]. – Взамен ГОСТ 27.410-87; введ. 1997-01-01. – М.: Госстандарт РОССИИ: Изд-во стандартов, 1996. – 19 с.
5. Алексеев, В.В. Новые OBD-| GPS-трекеры серии Novatel MT3060 [Текст] / В.В. Алексеев // Беспроводные технологии. – СПб.: Файнстрит, 2014. – №1. – С. 64 – 69.

**Abstract.** Analyzing the existing methods of collecting information on reliability, it is proposed to collect data using information about changing its current technical state, by continuously monitoring the resource parameters of the technical state. This method is realized with known limiting and permissible deviations of controlled resource parameters characterizing the wear of parts and joints. Data on failures determine the quantitative characteristics of the reliability of the machine, which are calculated from the analysis of statistical data on the initial (nominal) and final (limiting) values of the parameters, and the reliability increases due to the timely technical service of the machine in operation, when the controlled parameter of the discretionary (attainable) value is reached. The probability of failure of the machine, at a certain time, is determined by the ratio of the current value of the parameter of the part or the unit as a whole, to its allowable value, by constructing the current curve of the characteristic and diverging this curve from the nominal curve for this type of technique. The data obtained and the calculated dependencies are processed in the software, with the subsequent calculation of the probability of failure and the amount of the remaining operating time of the machine.

УДК 631.3.004

**Василенко М.А.**, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник;

**Шаповал Л.И.**, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник;

**Соколенко А.Н.**, ведущий инженер

*Национальный научный центр «Институт механизации и  
электрификации сельского хозяйства» НААН,  
пгт. Глеваха, Украина*

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТРАТЕГИИ АДАПТИВНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА**

***Аннотация.** Установлена интенсивность использования мобильной сельскохозяйственной техники на протяжении года по величине месячного расхода топлива, что сделало возможным планирование сроков и объёмов проведения ремонтно-обслуживающих работ в период минимальной загрузки техники.*

*Установлены преимущества стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта сельскохозяйственной техники в сравнении с плано-предупредительной системой, предусматривающей определения периодов выполнения ремонтно-обслуживающих работ с учётом интенсивности использования мобильной техники и остаточного ресурса, что является основанием для разработки и реализации планов оперативного управления её техническим состоянием.*

**Текст статьи.** В сельскохозяйственном производстве отмечены повышенные затраты на производство продукции, которые обусловлены как общеизвестными факторами (устарелой малопродуктивной техникой, ее низкой надежностью и простоями в процессе выполнения полевых работ), так и неудовлетворительным состоянием ремонтно-обслуживающей базы, не позволяющей вовремя и с высоким качеством проводить операции по техническому обслуживанию и ремонту.

Одним из резервов повышения эффективности использования техники-уменьшение ее простоев по техническим причинам. Это может быть достигнуто путем проведения технического обслуживания в процессе ее использования на основе стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта. Разработанные раньше теоретические основы такого вида обслуживания используются в ряде отраслей промышленности и сельском хозяйстве [1-4]. Данная стратегия комплексно изучает местные условия и уровень использования техники: природно-климатические зоны, сроки начало и завершения полевых работ, агрометеорологические условия в данной зоне, интенсивность использования (сезонная загрузка) машин на протяжении сезона, наименование зональных культур и объемы механизированных работ, суточная производительность машинных агрегатов, уровень машинного обеспечения, прогнозируемый ресурс машины на последующий сезон.

Одним из несложных способов определения интенсивности использования сельскохозяйственной техники на протяжении сезона полевых работ – анализ их загрузки по расходу топлива, что дает возможность не только определить интенсивность использования машин в процессе выращивания культур, но и планировать сроки проведения ремонтно-обслуживающих работ. Поэтому исследование уровня (интенсивности) загрузки мобильной сельскохозяйственной техники проводилось путем построения и анализа диаграмм помесячного расхода топлива на протяжении сезона полевых работ. Такие графики строились за результатами сезонной эксплуатации машин, а прогнозирование их технического состояния на следующий сезон путем диагностирования с целью минимизации их простоев по техническим причинам. Для примера на рисунке 1 проведен график сезонной загрузки парка тракторов хозяйства за помесячным расходом топлива.

В зависимости от результатов диагностирования и установленного остаточного ресурса ( $R$ ) с учётом вероятности местонахождения координаты места его исчерпания на построенном графике сезонной загрузки (рисунок 2), принимаются следующие тактические решения:

- $R_1$ : ремонтно-обслуживающие работы не проводятся;
- $R_2, R_3$ : внеплановые ремонтно-обслуживающие работы проводятся в межсезонный период, во время минимальной загрузки

техники или во время периодов с неблагоприятными погодными условиями для проведения полевых работ следующего сезона;

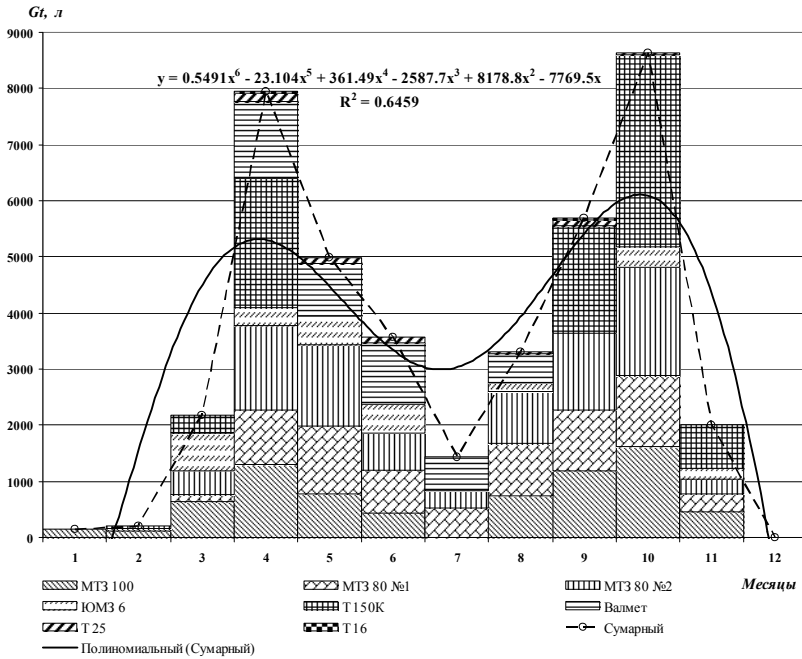


Рисунок 1 – Графическая модель суммарной сезонной загрузки тракторов в опытном хозяйстве (зона Степи) за месячным расходом топлива

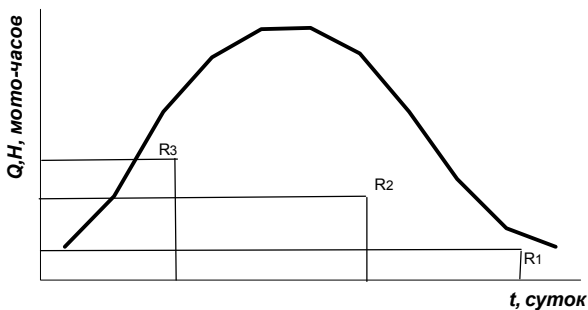


Рисунок 2 – К выбору тактики обеспечения работоспособного состояния трактора на протяжении года согласно графической модели его сезонной загрузки

- для исключения простоя техники по техническим причинам во время напряженных периодов полевых работ планируется страхование реализации технологических процессов путем заключения договоров на использование техники со стороны (аренды).

Полученные графики загрузки тракторов различных тяговых классов по трем природно-климатическим зонам Украины показывают два экстремальных уровня их загрузки во время работ весеннего (посев) и осенне-летнего периодов (уборочные работы) см. рисунок 1. Для создания графической модели планирования ремонтно-обслуживающих работ построенная интегральная кривая наработки (за расходом топлива), по которой определяются виды ремонтно-обслуживающих операций (ТО-2, ТО-3 и т.д.) - рисунок 3.

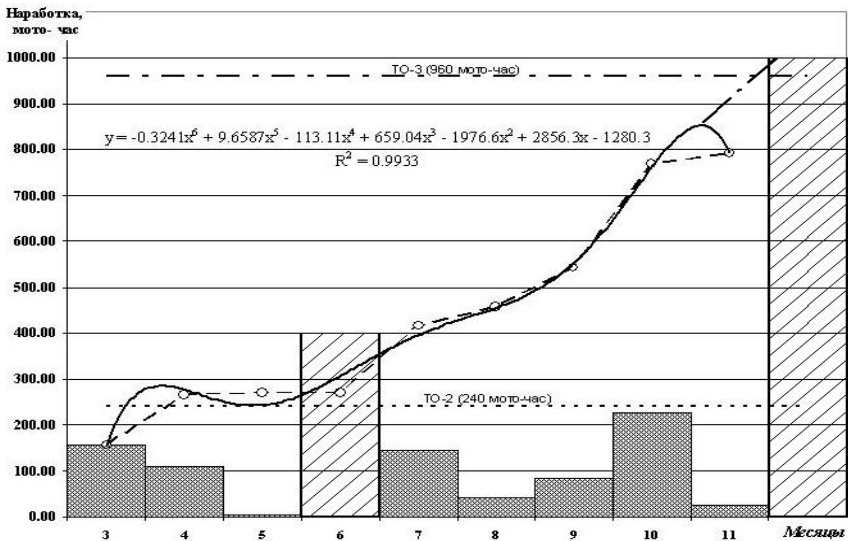


Рисунок 3 – Интегральная кривая расхода топлива трактором ХТЗ-17221

Как видно по характеру кривой, при наработке 240 мото-час. назначаются обслуживающие операции с шифром ТО-2, при достижении 960 мото-час (прогноз) – операции с шифром ТО-3. После этого приводится обоснование времени проведения ремонтно-обслуживающих работ, которое целесообразно планировать

в период минимального уровня загрузки или полного его отсутствия. Анализ графика кривой показывает, что оптимальными периодами для проведения работ з ТО-2, ТО-3 – соответственно, июнь и декабрь (заштрихованные участки графика) см. рисунок 3.

#### Список использованной литературы

1. Сидорчук О.В. Передумови підвищення ефективності взаємодії в системі використання і ремонту сільськогосподарської техніки / О. В. Сидорчук // Міжвідомч. темат. наук. зб. «Мех. і електр. с-г». – Вип. 74. – Глеваха, 1991. – С. 43-47.
2. Теоретические исследования структуры ремонтно-обслуживающих воздействий с учетом особенностей использования техники в различные периоды работ в сельском хозяйстве / А.П. Соломкин и др. // Вестн. ОмГАУ. – №2 (22). – 2016. – С. 247-253.
3. Степанянц В.С. Об адаптивной системе технического обслуживания и ремонта опасных производственных объектов, основанной на методах теории и надежности и информационной технологии / Предотвращение аварий зданий и сооружений [Электронный ресурс] : Режим доступа : <http://www.pamag.ru/prensa/adpt-sistem>

**Abstract.** The intensity of the use of mobile agricultural equipment during the year was determined based on the monthly fuel consumption, which made it possible to schedule the time and scope of carrying out repair and maintenance works during the period of minimum workload of equipment.

The advantages of the strategy of adaptive maintenance and repair of agricultural machinery are established in comparison with the preventive maintenance system, which determines the periods of performance of repair and maintenance works taking into account the intensity of use of mobile equipment and the remaining resource, which is the basis for developing and implementing operational management plans for its technical condition.

УДК 621.01

**Толочко Н.К.**, доктор физико-математических наук, профессор;

**Романюк Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент;

**Сокол О.В.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕМОНТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

***Аннотация.** Рассмотрены особенности применения аддитивных технологий для изготовления и восстановления деталей машин.*

Аддитивные технологии (АМ-технологии – от англ. Additive Manufacturing – аддитивное производство) или, как их еще называют, технологии 3D-печати, благодаря своим уникальным возможностям быстро создавать изделия сложных форм, получают все большее применение в ремонтном производстве для изготовления запасных деталей, а также для восстановления деталей, вышедших из строя. Изготовление деталей с помощью АМ-технологий может быть прямым и косвенным. Прямое изготовление предполагает, что готовую деталь получают непосредственно с помощью АМ-технологий. Косвенное изготовление предполагает, что сначала с помощью АМ-технологий создают формообразующую оснастку или инструменты, которые затем используют для получения деталей известными способами.

В данной статье кратко рассмотрены особенности применения разных видов АМ-технологий для изготовления и восстановления деталей машин, включая как металлические, так и пластмассовые детали.

Прямое изготовление металлических деталей. Для создания металлических деталей применяют в основном SLM-технология (Selective Laser Melting) – разновидность АМ-технологий, основанную на селективном лазерном сплавлении металлических порошков. Эта технология позволяет создавать детали, превосходящие по своим качествам

аналогичные детали, получаемые литьем [1]. В частности, с ее помощью изготавливают лопадки газовых турбин, имеющие внутреннюю систему охлаждения сложной геометрии [2, 3].

Металлические детали также можно создавать с помощью FDM-технологии (Fused Deposition Modeling), основанной на экструзии легкоплавких металлов, например, свинца или олова (эта технология также позволяет работать с пластиками) [4]. Однако изделия из таких металлов имеют низкую прочность. В одном из вариантов FDM-технологии используют волокна из стального порошка с полимерным связующим [5]. В процессе экструзии создается деталь из металлополимерного композита. При последующей термообработке полимер удаляется, а образовавшийся пористый металлический каркас спекается.

Для создания металлических деталей также применяют один из вариантов LOM-технологии (Laminated Object Manufacturing), согласно которому для построения изделий служит тонкая алюминиевая фольга, она вырезается по контуру слой за слоем, затем слои соединяются под действием ультразвука [6].

Прямое изготовление пластмассовых деталей. Для получения разнообразных пластмассовых деталей (шестерни, валы, шкивы, заглушки, корпуса, разъемы и т.п.) используют FDM-технологии, основанную на экструзии полимеров [7]. С ее помощью можно создавать детали ответственных конструкций, например, малоразмерных газотурбинных двигателей для беспилотных летательных аппаратов (крышки и колеса компрессоров, диффузоры, корпуса камер сгорания из термостойких пластиков) [8].

Восстановление металлических деталей. Для восстановления металлических деталей используют AM-технологии, основанные на лазерной наплавке, в частности, LENS-технологии (Laser Engineered Net Shaping), согласно которой присадочный металлический порошок подается непосредственно в зону действия луча лазера [9]. Эта технология позволяет использовать одновременно два или более разных материалов (за счет подачи порошков из нескольких сопел), благодаря чему можно наносить покрытия с градиентом свойств по толщине. Так, можно формировать наружную приповерхностную часть покрытия из материала с повышенной прочностью, совмещая, таким образом, восстановление с упрочнением.

Достоинством этой технологии является возможность восстанавливать тонкостенные элементы деталей. Детали, получаемые с ее помощью, превосходят по прочностным свойствам аналогичные детали, получаемые литьем, а также сопоставимы с коваными деталями. Быстрое отверждение наплавляемого металла позволяет формировать субмикронную микроструктуру, а в случае градиентной наплавки можно получать участки наплавляемого слоя с требуемой макро-, микро- или нанозернистой структурой. Дополнительные возможности этой технологии по улучшению свойств восстанавливаемых деталей связаны с формированием наплавляемых слоев из композитных материалов. Так, в процессе наплавки в состав наносимого основного порошка можно вносить углеродные нанотрубки, фуллерены, карбид бора и другие упрочняющие добавки [9]. Типичные примеры применения LENS-технологии – восстановление корпуса подшипника из сплава Ti-6Al-4V, лабиринтного уплотнения компрессора из сплава Inconel 718, стального приводного вала и др. [10].

Для восстановления металлических деталей, наряду с LENS-технологией, применяют и другие АМ-технологии, основанные на наплавке, в частности, EBDM (Electron Beam Direct Manufacturing) и IFF (Ion Fusion Formation) [2]. Согласно EBDM-технологии изношенные поверхности деталей восстанавливают послойным наплавлением материала с помощью электронного луча, а согласно IFF-технологии – с помощью потока плазмы. В качестве исходного материала используют прутки из алюминиевых и титановых сплавов, инконеля, сталей.

Восстановление пластмассовых деталей. Обычно детали из пластмасс восстанавливают методами механического, клеевого или сварного соединения. Более эффективно использовать АМ-технологии. Например, с помощью FDM-технологии ремонтируют шестерни, ручки механизма раскладывания заднего сиденья, крышки зеркал, корпусные и другие детали автомобилей [11].

Изготовление технологической оснастки. Для получения деталей путем литья или штамповки требуется специальная формообразующая оснастка [12]. Для снижения стоимости оснастки и ускорения процесса ее создания перспективно применять АМ-технологии.

Для получения единичной литой детали из металла, сначала с помощью 3D-принтера изготавливают литейную модель детали, на которую затем наносят керамическую оболочку. В эту оболочку заливается расплав металла и формируется готовая литая деталь (при этом литейная модель выжигается или выплавляется) [12]. Выжигаемые модели получают из полистирола по SLS-технологии (Selective Laser Sintering), полиметилметакрилата по Ink-Jet-технологий или фотополимеров по SLA-технологии (Steriolithography Apparatus) [13]. Выплавляемые модели получают из модельного материала на основе литейного воска с фотополимерным связующим по MJM-технологии (Multi-Jet Modeling) [13]. Также выплавляемые модели можно получать из ПВХ-пленок по одному из вариантов LOM-технологии [14].

Для получения небольшой партии литых металлических деталей с помощью 3D-принтера создают прототип детали (мастер-модель), который затем заливают силиконом. После застывания силикона образуется эластичная форма, которая разрезается на две половинки. В полученную разъемную форму заливается литейный воск, в результате чего получается литейная модель. Такую форму можно использовать многократно [12].

AM-технологии применяют для изготовления песчаных литейных форм [13]. Их получают с помощью SLS-технологии из литейного песка с полимерным связующим или с помощью Ink-Jet-технологии, когда связующее подается каплями на последовательно формируемые слои песка.

AM-технологии позволяют создавать непосредственно металлическую оснастку. Пример тому – деятельность компании InssTek (Южная Корея), которая производит пресс-формы из стали и никель-молибденовых сплавов с помощью DMD-технологии (Direct metal deposition) [15]. Пресс-формы предназначены для литья алюминиевых головки блоков цилиндров двигателя. Используя DMD-технология, за счет варьирования состава осаждаемых металлических порошков, можно получать пресс-формы, в которых рабочая поверхность выполнена из инструментальной стали, а конформные каналы охлаждения – из меди, причем сталь плавно переходит в медь [12]. Такие пресс-формы позволяют существенно сократить время охлаждения детали при литье.

Изготовление инструмента. Копировально-прошивные электроэрозионные станки имеют ограниченные возможности изготовления сложнопрофильных электродов-инструментов (ЭИ) цельной конструкции [16]. При традиционном изготовлении их конструкцию разделяют на участки, которые изготавливают по отдельности, а затем собирают в один инструмент. Создание сложнопрофильных ЭИ упрощается благодаря применению АМ-технологий. Так, сначала с помощью SLA-технологии создается прототип ЭИ, на основе которого затем формируется модельный комплект из литейного воска. Далее по обычной литейной технологии получается отливка ЭИ [16]. Другой путь получения ЭИ – создание заготовки с помощью SLA-технологии и последующее нанесение на нее токопроводящего покрытия [17]. Также можно прямо получать ЭИ – на основе SLM-технологии [16]. АМ-технологии позволяют создавать медные ЭИ с микроэлементами на рабочей поверхности – для микроэлектроэрозионной обработки [18].

АМ-технологии также позволяют получать режущие инструменты, которые невозможно создавать по традиционным технологиям. Так, SLM-технология позволяет получать режущий инструмент, прочный снаружи и пластичный внутри [19]. Также с ее помощью можно выборочно задавать параметры определенных участков детали с последующей закалкой их поверхности, а также формировать спиральный канал для подачи смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ), что позволяет более эффективно охлаждать его. С помощью АМ-технологий можно воспроизводить любую по сложности форму режущего инструмента, например, создавать фрезы, имеющие режущие зубья с оптимизированным геометрией [20].

#### Список использованной литературы

1. Аддитивные технологии и аддитивное производство // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: [http://3d.globatek.ru/world3d/additive\\_tech/](http://3d.globatek.ru/world3d/additive_tech/) – Дата доступа: 05.10.2017.
2. Аддитивные технологии в авиакосмическом и энергетическом машиностроении / Е.Ю. Степанова [и др.] // [Электронный

ресурс] – 2017. – Режим доступа: [oreluniver.ru/public/file/science/](http://oreluniver.ru/public/file/science/) – Дата доступа: 14.10.2017.

3. Закончены испытания турбины Siemens с лопатками, изготовленными с применением аддитивных технологий [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://www.turbine-diesel.ru/rus/node/4479> – Дата доступа: 6.12.2017.

4. Аддитивные технологии // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: [progress.institute/pdf/03.pdf](http://progress.institute/pdf/03.pdf) – Дата доступа: 05.10.2017.

5. 3D printer metal filament: Create 100% metal parts // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://www.makepartsfast.com/get-100-metal-parts-filament-metal-3d-printing/> – Дата доступа: 05.10.2017.

6. Аддитивные технологии 3D печати // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://mozgochiny.ru/idei-dlya-biznesa/additivnyie-tehnologii-3d-pechati/> – Дата доступа: 11.12.2017.

7. Перспективное развитие технологии 3D-печати в изготовлении пластмассовых запчастей для автомобилей // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <https://www.scienceforum.ru/2016/1416/16668> – Дата доступа: 07.11.2017.

8. Побелянский, А.В. Исследование возможности применения деталей из термостойких пластиков и их испытание в составе малоразмерного газотурбинного двигателя / А. В. Побелянский [и др.] // Исследования наукограда. – 2017. – Том. 1. – №2. – С. 76-81.

9. 3D-принтер и металл – настоящее и будущее трехмерной печати металлом // [Электронный ресурс] – 2014. – Режим доступа: <http://3dtoday.ru/industry/a-3d-printer-and-metal-present-and-future-three-dimensional-printing-metal.html> – Дата доступа: 05.10.2017.

10. Татоян, Г.А. Обзор международного опыта в области применения аддитивных технологий / Г.А. Татоян, С.И. Ультан // Современный вектор: мировая экономика, менеджмент и маркетинг: сб. тр. междунар. научно-практ. форума (Омск, 27-29 апр. 2016 г.) – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. С. 134-142.

11. Сферы применения 3D-печати // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://allbriarey.com/3D/3D-print-application.html> – Дата доступа: 05.10.2017.

12. Колесников, Л.А. Состояние и перспективы развития технологий быстрого прототипирования в промышленности (Часть 2) / Л.А. Колесников // Наука и техника. – 2013. – № 6. – С. 8-16.

13. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.

14. Баурова, Н.И. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие / Н.И. Баурова, В.А. Зорин. – М.: МАДИ, 2016. – 264 с.

15. Аддитивные технологии 3D-печати и 3D-сканирование // [Электронный ресурс] – 2017. – Режим доступа: <http://www.dipaul.ru> – Дата доступа: 05.10.2017.

16. Абляз, Т.Р. Изготовление сложнопрофильных электродов-инструментов с применением технологии быстрого прототипирования / Т.Р. Абляз, А.А. Шумков // Вестник Перм. нац. исслед. политех. ун-та. Машиностроение, материаловедение. – 2016. – Т. 18. – № 2. – С. 160-169.

17. Норошьян, М.В. Изготовление технологической оснастки для электроэрозионной и электрохимической обработки методом быстрого прототипирования / М.В. Норошьян // Гагаринские чтения – 2016: XLII Междунар. молодёж. науч. конф.: Сб. тез. докл.: Т. 1: М.: Моск. авиацион. ин-т, 2016. – С. 32-33.

18. Кувшинов, К.В. Технология создания электродов-инструментов для микроэлектроэрозионной обработки. Автореф. дис. ...канд. тех. наук: 05.02.07. – Тула, 2012. – 16 с.

19. Ковалев, В.Д. Промышленности – аддитивные технологии / В.Д. Ковалев, Я.В. Васильченко, Б.Г. Тристан // Оборудование и инструмент для профессионалов. – 2015. – №5. – С. 20-21.

20. Степанова, Е.Ю. Аддитивные и гибридные технологии в производстве инструмента и технологической оснастки: состояние, экономика, перспективы / Е.Ю. Степанова, М.А. Бурнашов, Ю.С. Степанов // Изв. Тульск. гос. ун-та. Тех. науки. – 2017. – №8. – Ч. 1. – С. 141-143.

**Abstract.** Features of application of additive technologies for manufacturing and renovation of machine components are considered.

УДК 658.51 : 621.81

**Акулович Л.М.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Мендалиева С.И.<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Буйнич В.Г.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь;*

*<sup>2</sup>АО «Казахский аграрно-технический университет  
им. С. Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан*

## **СОВМЕЩЕНИЕ ОПЕРАЦИЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ РЕЗКИ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ЛИСТОВОГО МЕТАЛЛОПРОКАТА**

***Аннотация.** Рассмотрены условия применения в единых технологических процессах операций раскроя листового металлопроката и операций механической обработки. Предложен метод структурного синтеза при проектировании сквозных технологических процессов.*

Около 70% продукции сельскохозяйственного машиностроения выпускается на предприятиях с мелкосерийным характером производства и частой сменяемостью номенклатуры выпускаемых изделий. Освоение производства новых изделий требует технической подготовки производства. Сроки на подготовку производства, как правило, всегда ограничены [1]. В таких условиях экономически выгодно в качестве заготовок использовать сортовой металлопрокат, из которого изготавливается широкая номенклатура деталей почвообрабатывающих, посевных, кормо- и зерноуборочных машин, навесных и прицепных механизмов. Это целый класс деталей – ножи, диски, лемехи, зубья и т.п. Известно, что при изготовлении деталей из листового металлопроката наиболее трудоемкими являются операции раскроя и последующей механической обработки. За последние годы для раскроя листового металлопроката широко внедряются технологии плазменной, лазерной и гидроабразивной резки. Технологические комплексы для резки имеют точность позиционирования  $\pm 0,01$  мм и могут обеспечивать точность обработки –  $\pm 0,1$  мм. В технической документации на раскройные комплексы

их производители указывают параметры точности перемещений исполнительных органов, а параметры геометрической точности вырезаемых контуров заготовок не приводятся, поскольку они зависят от технологических режимов резки, толщины листов металлопроката, мощности резательной головки, скорости перемещения резака и т.п. Высокая производительность резки (до 20 м/мин), малые ширина реза и зона термического влияния (диаметр луча составляет сотые доли миллиметра), высокая точность взаимного расположения вырезаемых поверхностей, возможность раскроя сложных контуров деталей позволяют использовать способы резки листового металлопроката и операции механической обработки в единых технологических процессах. Вместе с тем, разработка таких технологических процессов с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР) позволяет пересмотреть припуски на механическую обработку в сторону их уменьшения, экономить металл, снизить трудоемкость изготовления изделий.

Для определения граничных условий назначения в технологические процессы изготовления деталей машин из металлопроката операций термической резки были проведены экспериментальные исследования по влиянию современных способов термической резки металлопроката на точность и шероховатость поверхностей заготовок. Геометрическая точность оценивалась качеством точности, определяемым через величины отклонения от номинальных размеров и допуски. Шероховатость поверхностей реза оценивалась по параметру  $Ra$  (среднее арифметическое отклонение профиля). Для вырезки заготовок использовали порталный станок для плазменной и газовой резки VanadProxima (Portal) HD Series и консольный станок для лазерной резки VANAD MIRON LASER (Fiber). Из листового металлопроката 345–09Г2С–св–2 ГОСТ 19281–89 различной толщины плазменной и лазерной резкой вырезали заготовки деталей круглой формы определенных диаметров (по 5 штук каждого диаметра из листов определенной толщины), на которых измеряли диаметральный ( $D\Phi$ ) размер и параметр  $Ra$  шероховатости поверхности реза. Варьируемые факторы: толщина листа  $S$ , и радиус реза  $R$ . По фактической величине диаметров вычисляли отклонения  $\Delta_{\text{п}}$  (для плазменной резки) и  $\Delta_{\text{л}}$  (для лазерной резки) от номинальных размеров. Измерение действительных диаметральных размеров производили по ГОСТ 26433.1–89

с использованием штангенциркуля электронного ШЦЦ–1–300 (цена деления 0,01 мм). Шероховатость поверхности измеряли профилометром MITUTOYO SJ–201P. Эксперименты проводились по программе центрального композиционного ротатабельного планирования второго порядка. Результаты экспериментальных исследований были обработаны методами математической статистики с использованием табличного процессора MS-Excel 2010. Получены уравнения регрессии второго порядка:

$$\Delta_{\Pi} = 0,177 + 10^{-3} \cdot (16,9 \cdot S - 0,34 \cdot R - 0,018 \cdot S \cdot R - 0,04 \cdot S^2 + 0,003 \cdot R^2);$$

$$\Delta_{Л} = 0,065 + 10^{-3} \cdot (1,3 \cdot S + 0,5 \cdot R + 0,2 \cdot S^2 + 0,002 \cdot R^2);$$

$$Ra_{\Pi} = 15,40 + 10^{-3} \cdot (64,3 \cdot S - 135,9 \cdot R - 0,4 \cdot S \cdot R + 16,1 \cdot S^2 + 0,6 \cdot R^2);$$

$$Ra_{Л} = 2,545 + 10^{-3} \cdot (432,7 \cdot S - 32,4 \cdot R + 0,2 \cdot S \cdot R - 7,2 \cdot S^2 + 0,2 \cdot R^2).$$

Адекватность полученных моделей не превышает 5% уровня значимости по критерию Фишера.

Графическая зависимость влияния толщины листа  $S$  и радиуса реза  $R$  на величину параметра  $Ra$  шероховатости поверхности реза при плазменной и лазерной резке приведена на рисунке 1.

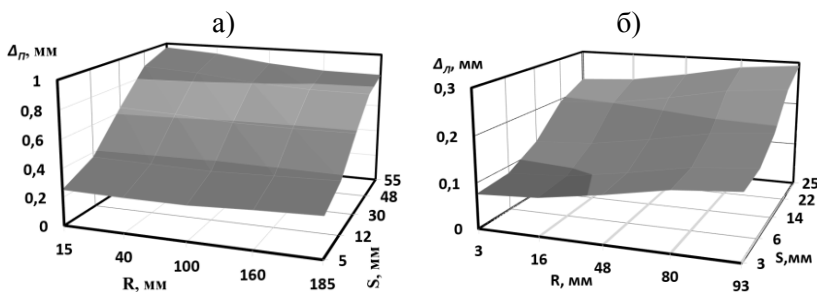


Рисунок 1 – Влияние толщины листа  $S$  и радиуса реза  $R$  на величину отклонений от номинального размера  $\Delta$  при плазменной (а) и лазерной (б) резке

Экспериментально установлено, что плазменной резкой можно обрабатывать поверхности по 10...14-му качеству точности (ГОСТ 25346–89) с шероховатостью  $Ra$  8,0...63,0 мкм, а лазерной резкой – по 10...12-му качеству точности с шероховатостью  $Ra$  2,5...10,0 мкм. По результатам экспериментальных исследований сформулированы основные условия выбора операций резки в технологии обработки КТЭ. Для плазменной резки:  $S \leq 55$  мм, качество не точнее 14-го, шероховатость поверхности  $Ra \geq 16,0$  мкм (при

$S \leq 12$  мм),  $D1 \geq (0,9...1,4)S$  (при обработке цилиндрических поверхностей),  $D3 \geq (0,9...1,4)S$  при условии  $D3 \geq 3$  мм (при обработке конических поверхностей). Для лазерной резки:  $S \leq 25$  мм, качество не точнее 12-го, шероховатость поверхности  $Ra \geq 10,0$  мкм,  $D1 \geq (0,3...0,4)S$  (при обработке цилиндрических поверхностей),  $D3 \geq (0,3...0,4)S$  (при обработке конических поверхностей).

Результаты экспериментальных исследований использованы при разработке библиотеки конструктивно-технологических элементов (КТЭ) деталей из металлопроката для САПР технологий их изготовления. Библиотека содержит КТЭ различных типов (поверхности, отверстия, пазы, окна, канавки и другие) со схемами их обработки, включая операции лазерной и плазменной резки, а также условия выбора оптимальных схем обработки в зависимости от требуемой точности. Фрагмент библиотеки КТЭ приведен на рисунке 2.

Эскиз КТЭ	Условия выбора схемы обработки поверхностей КТЭ	Схемы обработки поверхностей КТЭ
<p>КТЭ - окно в сплошном материале на плоской поверхности</p>	<p>Шероховатость <math>Ra \geq 3,2</math> мкм Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 4,0</math> мкм <math>8 \text{ мм} \leq L5 \leq 100</math> мм Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- гидроабразивная резка</li> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 10,0</math> мкм <math>L5 \leq 25</math> мм Квалитет точности: не точнее 12-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> <li>- лазерная (или гидроабразивная при <math>L5 \geq 8</math> мм) резка</li> </ul>
	<p>Шероховатость поверхности окна <math>Ra \geq 16,0</math> мкм <math>25 \text{ мм} &lt; L5 \leq 55</math> мм Квалитет точности: не точнее 14-го</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- фрезерование концевой фрезой или долбление (сквозные)</li> <li>- фрезерование концевой фрезой</li> <li>- плазменная резка</li> </ul>

Рисунок 2 – Фрагмент библиотеки КТЭ

Библиотека КТЭ использована при разработке программного обеспечения базы данных, что позволяет формировать технологические процессы методом синтеза операций [2].

Конструкторско-технологическую модель любой детали можно представить, как совокупность входящих в нее КТЭ. Для каждого КТЭ должны быть определены геометрические параметры, варианты технологии его обработки, а также условия выбора требуемого варианта. На основании фактических значений геометрических парамет-

ров для каждого КТЭ происходит выбор из базы данных требуемого варианта технологии его обработки. Технологический процесс изготовления детали синтезируется из выбранных вариантов технологии обработки всех входящих в эту деталь КТЭ. Формирование технологического процесса изготовления детали методом структурного синтеза происходит путем совмещения выбранных вариантов обработки всех КТЭ детали (рисунок 3). Такой подход дает возможность создавать технологию обработки, качество которой не определяется квалификацией технолога, а степенью отлаженности алгоритмов, внесенных в базу знаний. С другой стороны, этот подход не исключает вмешательство технолога в процесс проектирования на любом этапе. Технолог может сформировать и заложить в систему те технологические решения, которые для него актуальны.



Рисунок 3 – Схема формирования технологического процесса изготовления детали методом структурного синтеза

Внедрение САПР сквозного проектирования технологий изготовления деталей из металлопроката обеспечивает экономию металлопроката до 10% за счет снижения припусков на обработку.

#### Список использованной литературы

1. Акулович, Л.М. Основы автоматизированного проектирования технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие

/ Л.М. Акулович, В.К. Шелег. – Минск : Новое знание; М. : ИН-ФРА-М, 2012. – 488с.

2. Система автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки деталей PRAMEN. Руководство пользователя. ОРГС 4664.013.ИЗ. – Минск : ОАО «Институт Белоргстанкинпром», 2005. – 135 с.

**Abstract.** It is proposed to use the method of synthesis in the design of end-to-end manufacturing processes of sheet metal parts. This makes it possible to combine the operations of cutting metal and machining the surfaces of parts and provides an economic metal by reducing the allowances for processing.

УДК 631.353.722

**Анискович Г.И.**, кандидат технических наук, доцент;

**Литовчик Д.П.**, инженер

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **УПРОЧНЕНИЕ ДИСКОВ РОТОРОВ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА РОТОРНЫХ КОСИЛОК**

***Аннотация.** В статье приведены результаты исследований элементного состава, структуры и основных механических свойств упрочненных импульсной закалкой дисков роторов роторных косилок. Подтверждена возможность изготовления этих сложнопрофильных деталей из углеродистых сталей с упрочнением импульсной закалкой. При этом деталям обеспечиваются, отвечающие условиям эксплуатации, значения твердости, ударной вязкости, прочности, характерное структурное строение.*

**Введение.** В конструкциях современных дисковых и роторных косилок на режущем брусе устанавливаются роторы, каждый из которых имеет два шарнирно-закрепленных косилочных ножа. В

процессе работы частота вращения диска ротора составляет около  $3000 \text{ мин}^{-1}$ .

Диск ротора является сложным в геометрическом исполнении изделием. Он относится к классу пространственно-сложнопрофильных конструкций. Кроме этого, как правило, диск ротора состоит из разнородных конструкционных материалов (стальная тонкостенная основа толщиной 4 – 5 мм, вставки для крепления косиловых ножей, сварные швы).

На рисунке 1 показан эскиз диск ротора режущего аппарата косилок.

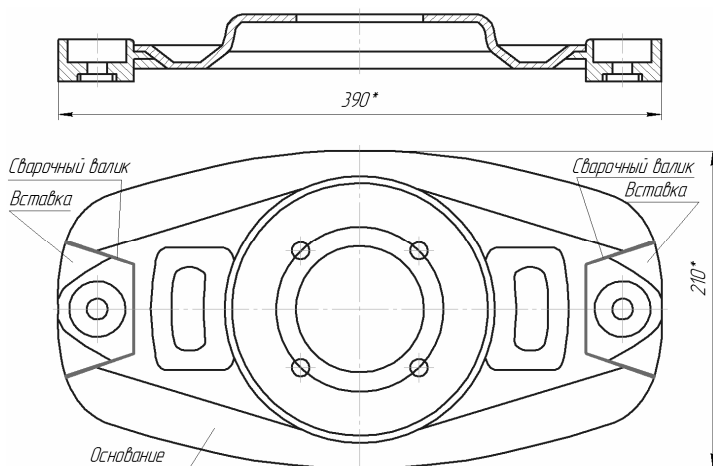


Рисунок 1 – Эскиз диска ротора режущего аппарата косилок

В процессе работы диски роторов подвергаются интенсивному коррозионно-механическому и абразивному изнашиванию, воздействию значительных динамических нагрузок, что требует придания этим деталям в процессе изготовления соответствующих условиям эксплуатации физико-механических и эксплуатационных свойств [1].

**Основная часть.** Анализ зарубежных аналогов дисков роторов показал, что эти изделия должны обладать высокой прочностью (не менее 1500 МПа), ударной вязкостью (не менее 0,6 МДж/м<sup>2</sup>), твердостью (не менее 35 – 40 HRC) и относительным удлинением (не менее 6 – 8%).

Зарубежными фирмами диски роторов изготавливаются из высокопрочных и износостойких бористых сталей. Прочность и износостойкость этих деталей, работающих в крайне тяжелых условиях, преимущественно достигается применением изотермической заковки.

На предприятиях отечественного сельскохозяйственного машиностроения до настоящего времени практически не применяются технологии по упрочнению термообработкой пространственно-сложных тонкостенных и сварных конструкций. На сегодняшний день отечественное производство конкурентоспособных дисков роторов косилок, не уступающих по техническому уровню зарубежным аналогам, может быть решено использованием упрочняющей технологии импульсного закалочного охлаждения потоком воды или водного раствора кальцинированной соды [2].

Данная технология прошла проверку в производственных условиях на целом ряде предприятий Минпрома и Минсельхозпрода РБ и является разработкой с высокой степенью завершенности [3].

В зарубежной практике аналогом такого технического решения наиболее распространенной является технология под названием «Conit» (интеллектуальная собственность норвежской фирмы «Kverneland») [4].

В соответствии с технологической схемой ТИЗОЖ, нагретая до температуры аустенитизации и выдержке (~10 мин) стальная ремонтная заготовка (РЗ) устанавливается в устройство закалочного охлаждения (УЗО) и фиксируется. УЗО имеют, как правило, индивидуальное назначение. Их основными конструктивными элементами являются матрица и пуансон. В зазоры между РЗ и ограждающими поверхностями, формируемыми матрицей и пуансоном УЗО, подается быстродвижущийся поток охлаждающей жидкости (ОЖ). Температура аустенитизации и скорость потока ОЖ (свыше 30 м/с) задается в определенном интервале. С помощью матрицы и пуансона направляются потоки жидкости вокруг объекта заковки. Особенно важно это для деталей сложной пространственной геометрии. Однородное (равномерное) охлаждение РЗ сложной формы достигается равномерным потоком ОЖ, омываемой поверхность объекта заковки.

Для обеспечения конкурентоспособности дисков роторов исследования проводились с использованием горячекатаного сталь-

ного проката из следующих марок сталей: сталь 25ХГСА и 30ХГСА (ГОСТ 4543 – 71), бористая сталь RAEX B27 (Финляндия) – для основы диска; сталь 35Л (ГОСТ 1050 – 88) – для вставок диска; сварочная проволока Св 18ХГС, Нп 30ХГСА (ГОСТ 10543 – 98) – для сварных швов.

Анализ элементного состава, исследование структуры и измерение твердости и микротвердости образцов стали выполнялись на базе аккредитованного Испытательного Центра ГНУ «ИПМ».

Исследование элементного состава выполнено на аттестованном атомно-эмиссионном спектрометре «ЭМАС-200Д». Погрешность метода в данном случае составляет 3 – 5 относительных процентов. Анализ на углерод проводили на экспресс-анализаторе АН 7529. Анализ на серу проводили на экспресс-анализаторе АС 7932.

Исследование микроструктуры проводилось на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении  $\times 500$ . Структура определялась по ГОСТ 8233 – 56 «Сталь. Эталоны микроструктуры». Размер зерна определяли по ГОСТ 5639 – 82 «Стали и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна». Полосчатость определяли по ГОСТ 5640 – 68 «Сталь. Металлографический метод оценки микроструктуры листов и ленты».

Твердость по Бринеллю измерялась на твердомере ТШ-2М по ГОСТ 9012 – 59. Твердость по Роквеллу измерялась на твердомере ТК14 – 250 по ГОСТ 9013 – 59.

На первоначальном этапе проводились исследования элементного состава и структуры образцов сталей в состоянии поставки. Результаты исследования элементного состава образцов сталей приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследования элементного состава образцов сталей

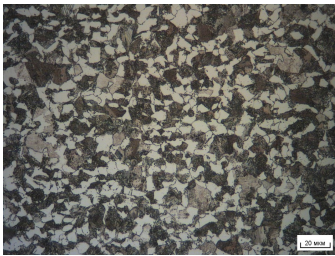
Материал образцов	Элементный состав материала образцов, %						
	C	S	Mn	Si	Ni	Cr	Fe
25ХГСА	0,24	0,0055	0,90	1,0	0,04	0,86	основа
30ХГСА	0,29	0,0055	0,90	1,0	0,04	0,86	основа
Сталь 35	0,37	0,016	0,51	0,31	0,02	0,07	основа
B27	0,26	0,0045	1,1	0,26	0,03	0,26	основа

Структура образца 25ХГСА (рисунок 2 а) феррито-перлитная, размер зерна находится в диапазоне 10 – 20 мкм. Средний размер зерна составляет 0,015 мм, что соответствует 9 баллу по ГОСТ 5639–82. Твердость образца составляет 220 НВ.

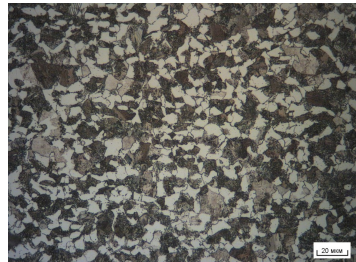
Структура образца 30ХГСА (рисунок 2 б) феррито-перлитная, размер зерна находится в диапазоне 10 – 20 мкм. Средний размер зерна составляет 0,015 мм, что соответствует 9 баллу по ГОСТ 5639–82. Твердость образца составляет 220 НВ.

Структура образца сталь 35 (рисунок 2 в) феррито-перлитная, размер зерна находится в диапазоне 10 – 20 мкм. Средний размер зерна составляет 0,015 мм, что соответствует 9 баллу по ГОСТ 5639 – 82. Твердость образца составляет 165 НВ.

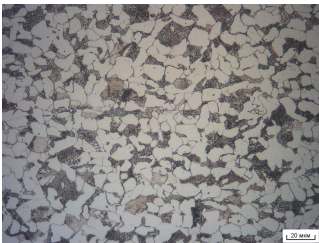
Структура образца В27 (рисунок 2 г) феррито-перлитная, основной размер зерна находится в диапазоне 3 – 10 мкм, наблюдаются зерна размером до 25 мкм. Средний размер зерна составляет 0,011 – 0,015 мм, что соответствует 10, 9 баллам по ГОСТ 5639 – 82. Присутствует полосчатость 1 балла по ГОСТ 5640–68. Твердость образца составляет 195 НВ.



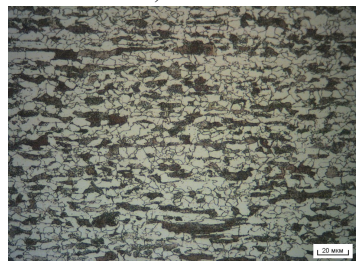
а) x500



б) x500



в) x500



г) x500

Рисунок 2 – Микроструктура материала образцов:  
сталь 25ХГСА (а), сталь 30ХГСА (б), сталь 35 (в), сталь В27 (г)

Из приведенных марок сталей изготавливались плоские образцы для исследовательских испытаний шириной 65 мм, длиной 200 мм и толщиной 4 и 5 мм. Плоские образцы подвергались упрочнению с использованием ТИЗОЖ, подробно изложенной в [2, 5]. Избыточное давление воды составляло 0,40 МПа. Температура аустенитизации образцов устанавливалась для стали 25 ХГСА – 890 — 950 °С, стали 35 – 850 °С, стали RAEX В27 – 890 °С. Продолжительность цикла охлаждения составляло 1 с. Закаленные плоские образцы подвергались низкому отпуску при температуре 200 °С продолжительностью выдержки в течение 1 часа и среднему отпуску при температуре 300 и 350 °С с продолжительностью выдержки 1 ч. После отпуска образцы из стали 35 и стали RAEX В27 охлаждались на воздухе. Образцы из стали 25ХГСА после отпуска охлаждались погружением в воду.

Упрочненные пластины использовались для проведения структурного анализа, исследования твердости и ударной вязкости (КСУ).

Исследование ударной вязкости проводилось на стандартных образцах толщиной 2 мм (тип 4) и 5 мм (тип 3) по ГОСТ 9454 – 78. «Металлы. Метод испытания на ударный изгиб при пониженных, комнатной и повышенных температурах».

Результаты испытаний на ударную вязкость и твердость упрочненных образцов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования ударной вязкости и твердости упрочненных образцов

Образец	Твердость, HRC	Ударная вязкость, КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	
		интервал	среднее значение
Импортный (аналог)	46 – 48	96,76 – 118,76	110,1
Сталь 25ХГСА (ТИЗОЖ 950 °С, отпуск 200 °С 1 ч, охлаждение в воде)	43 – 45	108,99 – 124,00	114,82
Сталь 25ХГСА (ТИЗОЖ 890 °С, отпуск 350 °С 1 ч, охлаждение в воде)	45	99,41 – 107,46	103,27
Сталь 35 (ТИЗОЖ 850 °С, отпуск 300 °С 1 ч, охлаждение на воздухе)	45	66,92 – 81,06	73,65
Сталь В27 (ТИЗОЖ 890 °С, отпуск 200 °С 0,5 ч, охлаждение на воздухе)	45	108,08 – 119,62	114,84

На основании проведенных исследований в качестве материала для дисков ротора принят листовой прокат из стали 25ХГСА (ГОСТ 4543).

Заготовки диска ротора изготавливались с применением пластического деформирования в штампах в холодном состоянии с предварительным отжигом. Сборка заготовки диска со вставками осуществлялась с применением сварки в среде углекислого газа. В качестве сварочных электродов применялась проволока Св18ХГС, (Нп30ХГСА).

Для упрочнения заготовок деталей импульсной закалкой были разработаны закалочные устройства с учетом конструкции ротора. Разработанные закалочные устройства прошли апробацию для импульсной закалки дисков роторов с применением системы закалочного охлаждения быстродвижущимся потоком воды и использованием технического оснащения соответствующего производственным условиям на материально-технической базе БГАТУ.

Упрочненные опытные детали подвергались структурному анализу, исследованию твердости и микротвердости.

Характерными участками для диска ротора являлись основа, вставка и сварочные валики. Микроструктура этих материалов показана на рисунке 3.

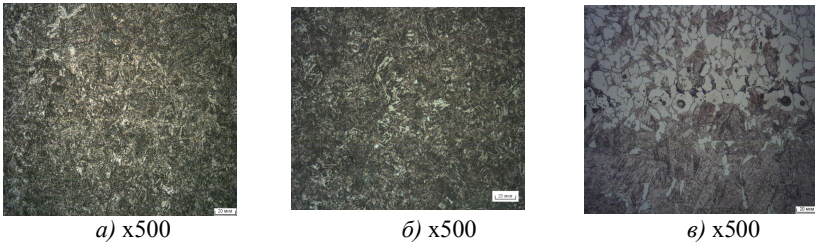


Рисунок 3 – Микроструктура основы (а), вставки (б) и сварочного валика (в) опытного образца ротора

Структура образца представляет собой троостит с ферритом. С двух сторон присутствует обезуглероженный слой: с наружной стороны толщиной 100 – 200 мкм, с внутренней стороны – 100 – 150 мкм. Твердость не обезуглероженной поверхности составляет 45 – 47 HRC.

Измерение микротвердости диска ротора проводилось от наружного края к внутреннему. График измерения представлен на рисунке 4.

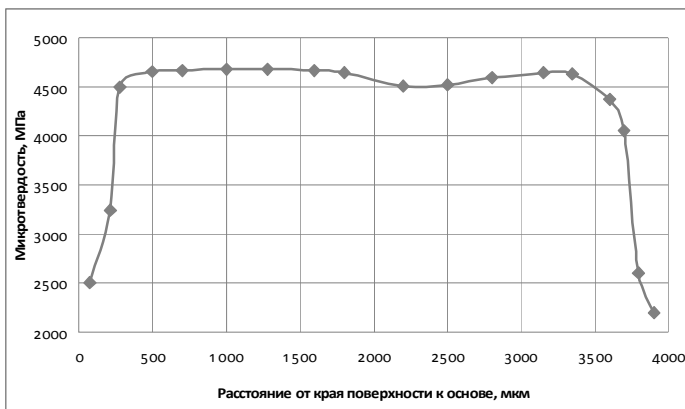


Рисунок 4 – График измерения микротвердости по сечению опытного образца диска ротора

Таким образом, исследования элементного состава, структуры и основных механических свойств, изготовленных из углеродистых сталей и упрочненных импульсной закалкой дисков роторов режущего аппарата косилок показали, что по этим параметрам они не уступают импортным аналогам.

**Заключение.** 1. Для изготовления дисков роторов рекомендуется использовать листовой прокат из стали 25ХГСА. Ее применение соответствует эксплуатационным условиям деталей, характеризующимся прочностью, твердостью и ударной вязкостью.

2. При изготовлении дисков роторов для их упрочнения обосновано применение технологии импульсного закалочного охлаждения водой, обеспечивающей требуемый для этих деталей уровень твердости, ударной вязкости, прочности, характерное структурное строение.

#### Список использованной литературы

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И. Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320с.

2. Бетенья, Г.Ф. Объемные нанокристаллические износостойкие детали рабочих органов сельскохозяйственной техники /Г.Ф.Бетенья [и др.]//Вестник Полоцкого государственного университета/ - 2012, №3, серия В. Промышленность. Прикладные науки. – С.46-51.

3. Бетенья, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным охлаждением жидкостью/Г.Ф.Бетенья, Г.И.Анискович //Вестник БарГУ/ - 2013, вып.1 – С.152-159.

4. Soucek, R. Maschinen und Gerate fur Bodenbearbeitung, Dungung und Aussaat / Б Soucek, G. Pippig. - Berlin: Verl. Technik, 1990. - 432 s.

5. Бетенья Г.Ф., Анискович Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol.15, №7 – С.80-86.

**Abstract.** In article, results of the elemental composition of studies of the structure and basic of mechanical properties hardened by quenching pulsed the disk of rotor cutting apparatus rotornyh of mowers. Confirmed the possibility of fabricate these complex profile parts made of carbon steel with hardening pulse quench cooled fast-moving stream of water. In this case, the details are provided, corresponding to the operating conditions, hardness, toughness, strength, structural characteristic structure.

УДК 621.793.71

**Девойно О.Г.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Кардаполова М.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Лапковский А.С.<sup>1</sup>**; **Василевский П.Н.<sup>2</sup>**, магистр технических наук, старший преподаватель

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ БЫСТРОИЗНАШИВАЮЩИХСЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬХОЗТЕХНИКИ**

**Аннотация.** В статье представлены технологии лазерной и плазменной обработки, применяемые в процессах восстановления и упрочнения деталей сельхозтехники, приведён сравнительный анализ стоимостей данных видов обработки.

Проблема повышения долговечности узлов трения является актуальной, что подтверждается данными статистики, согласно которой около 50% отказов машин и оборудования происходит по причине преждевременного износа.

Среди множества методов повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей машин и оборудования большое место занимают лазерные и плазменные технологии, позволяющие производить как восстановление изношенных деталей, так и упрочнять новые детали.

Широко распространены технологические процессы восстановления изношенных деталей машин газотермическим напылением порошковых материалов, заключающиеся в нанесении на поверхность порошка, расплавленного в струе плазмы или пламени газопламенной горелки (рисунок 1).



а



б



в

Рисунок 1 – Применение технологии порошковой наплавки для деталей почвообрабатывающей техники: а - диск почвообрабатывающий; б - сошники кукурузной сеялки; в - лемех

Достоинством метода является наличие широкой номенклатуры выпускаемых промышленностью порошков для напыления, что позволяет охватить большое количество деталей, работающих в самых различных условиях. Особое место среди порошковых материалов занимают так называемые самофлюсующиеся сплавы, которые при последующем оплавлении образуют биметаллическое соединение с материалом основы. Лимитирующими факторами, ограничивающими область применения указанных технологических процессов являются прочность сцепления покрытия с основой в случае использования неоплавляемых порошков, необходимость разогрева до температуры порядка  $1000^{\circ}\text{C}$  при использовании самофлюсующихся сплавов.

Одним из путей решения указанных проблем является применение методов обработки, использующих концентрированные источники нагрева, например, лазерное излучение. Этот метод имеет ряд специфических особенностей, к которым относятся:

1. Возможность получения в зоне воздействия высоких плотностей мощности, недостижимых другими методами, что:

- позволяет реализовывать термические процессы со сверхвысокими скоростями нагрева и охлаждения поверхностного слоя;
- обеспечивает возможность локальной термообработки рабочих поверхностей деталей без их объемного разогрева.

2. Достаточно легкая управляемость лазерным лучом, что касается возможностей:

- автоматизации процесса;
- транспортировки луча в зону обработки;
- точного дозированного энергетического воздействия на заданную точку поверхностного слоя;
- варьирования в достаточно широких пределах режимов лазерной обработки.

3. Экологическая чистота лазерных методов обработки.

Среди методов лазерного упрочнения перспективными являются методы лазерного легирования, предполагающие введение легирующих компонентов в поверхностный слой в процессе лазерной обработки.

Кроме перечисленных достоинств методы лазерного легирования позволяют:

- производить поверхностное упрочнение материалов, которые не могут быть упрочнены методами термообработки;
- обеспечить экономию дорогостоящих легирующих компонентов за счет возможности легирования только функционально нагруженных зон детали.

Представляют интерес комбинированные методы поверхностного упрочнения, предполагающие газотермическое напыление покрытий и последующее их лазерное легирование. Это дает значительный эффект в повышении эксплуатационных характеристик трущихся поверхностей и расширении номенклатуры подлежащих восстановлению деталей.

Среди новых лазерных упрочняющих технологий являются гибридные процессы. К ним относится процесс формирования покрытий напылением через гибридный плазматрон, в котором совмещены плазменная дуга и лазерный луч. При этом возможно обеспечивать различные степени поглощения лазерного луча плазменной струей и, тем самым, управлять условиями нагрева порошка и поверхности в процессе порошковой наплавки.

Другим видом гибридной технологии является процесс, совмещающий световой и лазерный луч, что позволяет проводить процессы поверхностного упрочнения с заданным термическим циклом.

Задачей технологов является определение оптимального метода восстановления-упрочнения по комплексному критерию, включающему уровень достигаемых эксплуатационных свойств и затрат на упрочнение.

На примере лопаток ускорителя комбайн кормоуборочного КВК рассмотрено соотношение стоимостей различных методов обработки (таблица 1)

Таблица 1 – Сравнение распределения стоимости лопасти ускорителя для различных способов упрочняющей обработки.

Процентное распределение стоимости			
Упрочняющая технология	Заготовка (материал +резка)	Стоимость материалов покрытия	Стоимость работ (с амортизацией оборудования)
1	2	3	4
Газопламенное напыление порошка на основе никеля без оплавления	49	43	8
Газопламенное напыление порошок на основе никеля с оплавлением	43	43	14

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Плазменное напыление керамического порошка	43	45	12
Лазерная закалка	62	-	38
Лазерное легирование	58	7	35

\* толщина слоя покрытия при расчете стоимости 0.6мм

\*\* материал ножа сталь 65Г

Как видно из таблицы наиболее экономичным вариантом является лазерная закалка, однако в большинстве случаев стойкость таких ножей ниже напаленных покрытий. Наиболее высокой стойкостью обладают плазменные керамические покрытия.

Объективным критерием может служить отношение срока службы изделия к стоимости упрочнение для различных условий работы. Субъективно же наиболее универсальными и оптимальными с точки зрения стоимости являются: газоплазменное напыление без оплавления, плазменное напыление, лазерное легирование.

**Abstract.** In the article the technologies of laser and plasma processing used in the processes of restoration and strengthening of details of agricultural machinery are presented, the comparative analysis of the costs of these types of processing is given

УДК 621.793

**Ивашко В.С.**, доктор технических наук, профессор;

**Изонтко В.М.**, кандидат технических наук;

**Буйкус К.В.**, кандидат технических наук, доцент;

*Белорусский национальный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЕДАНИЮ ПОКРЫТИЙ, НАПЫЛЕННЫХ АКТИВИРОВАННЫМ ДУГОВЫМ НАПЫЛЕНИЕМ**

**Аннотация.** *Представлены результаты исследований коэффициента трения покрытий из проволочных материалов различного химического состава, напыленных активированным дуговым напылением.*

**Введение.** Нанесение защитных покрытий из проволочных материалов электродуговыми методами считается наиболее экономически эффективным методом восстановления рабочих поверхностей узлов трения машин.

Использование энергии электрической дуги для плавления электродов позволяет с успехом использовать этот энергосберегающий метод в условиях, как крупных ремонтных предприятий с массовым производством, так и небольших мастерских с единичным производством. Освоение новых проволочных материалов, применяемых для сварочных работ, открывает возможность восстанавливать детали машин, работающих в условиях трения со смазкой, посадочных мест под подшипники качения, деталей, подвергающихся коррозионному и фреттинг-изнашиванию.

**Цель работы.** Работа проводилась с целью научно обоснованного выбора материала для восстановления изношенных шеек коленчатых валов дизелей методом активированного дугового напыления.

**Методика исследований.** Суть методики заключается в нагружение образца с покрытием в процессе трения скольжения до тех пор, пока не произойдет схватывание поверхностей трения, и фиксации величины давления на образцы в момент заедания.

Оборудование – машина трения СМЦ-2. Схема испытания – ролик-колодочка.

Образцами служили ролики из стали 40 с напыленными покрытиями из порошковых проволок различных составов с номерами от 1 до 5 (таблица 1). Ролик №0 выполнен из стали, аналогичной той, что используется для изготовления коленчатых валов.

Таблица 1 – Химический состав проволок

Номер образца	Химический состав проволочных материалов						
	C	Cr	B	Si	Mn	Mo	W
0	0,38	1,3	0,3	0,27	0,55	0,25	-
1	0,45	5,5	-	0,6	1,6	0,6	-
2	0,44	23,5	-	1,5 V	3,5 Nb	6,5	2,2
3	0,18	13,0	-	0,3	1,2	1,5	0,25
4	0,38	16,0	3,5	4,0	-	3,0	-
5	0,40	13,0	0,6	0,8	0,8	-	-

Наружный диаметр ролика составлял  $40 \pm 0,02$  мм, ширина ролика –  $10 \pm 0,1$  мм. Начальная шероховатость Ra 0,30-0,20 мкм.

Контртело – колодочки из бронзы БрС30 с твердостью НВ 42 – 45. Ширина колодочки составляла  $10 \pm 0,05$  мм. Начальная шероховатость поверхности трения колодочек  $Rz = 12 - 15$  мкм, а после приработки –  $Rz = 1,0 - 2,5$  мкм.

Приработка образцов осуществлялась по специальному режиму до полного контакта всей поверхности трения колодочки. Площадь поверхности трения составляла  $100 \text{ мм}^2$ .

Режим испытания: каждый вариант испытывался трижды при ступенчатом давлении на образцы от  $1,0$  до  $22,0 \text{ МН/м}^2$  с шагом  $1,0 \text{ МН/м}^2$ ; продолжительность испытания при каждом давлении не менее 5 мин; скорость скольжения ролика  $1,03 \text{ м/с}$ ; смазка – масло М14ВЦ, капельная подача 3-4 капли/мин; температура окружающего воздуха  $18 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$ .

В процессе испытания велась запись момента трения и проводилось наблюдение за появлением паров смазки, а также фиксирование давления, при которой появлялись пары смазки.

Описанная методика позволяет установить зависимость между коэффициентом трения и нагрузкой на образец с покрытием. Характер этой зависимости определяет при какой нагрузке (критическом давлении  $P_{кр}$ ) происходит разрушение масляного слоя и начинается непосредственное контактирование трущихся поверхностей, со значительным выделением теплоты и образованием паров масла, схватыванием, заеданием или интенсивным изнашиванием трущихся поверхностей.

**Результаты испытаний и их обсуждение.** На рисунке 1 представлена усредненная зависимость коэффициента трения  $f$  от давления  $P$  для каждого из трех образцов одного материала, нанесённого активированным дугowym напылением.

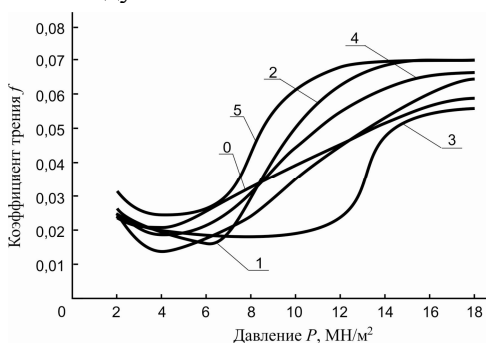


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения от давления (номера графиков совпадают с номерами образцов таблице 1)

Представленные графики позволяют судить о средних значениях и стабильности триботехнических свойств каждой пары трения.

У всех испытанных материалов зависимость  $f$  от  $P$  имеет общие закономерности:

1) при повышении давления  $P$  от 1,0 до 6,0 МН/м<sup>2</sup> коэффициент трения  $f$  снижается и достигает своего минимума в пределах 0,015–0,025. Это происходит в результате уменьшения толщины масляной пленки от повышения давления и снижения вязкости масла от повышения температуры в зоне трения. Минимальный  $f$  соответствует граничному трению;

2) после достижения минимального значения коэффициент трения  $f$  начинает медленный рост, что связано с нарушением сплошности масляного слоя, с металлическим контактированием поверхностей трения и увеличением тепловыделения. Этот участок кривой соответствует режиму смешанного трения;

3) медленный рост  $f$  при увеличении давления переходит в скачкообразный рост  $f$  до значения 0,05 – 0,07;

4) при достижении  $f = 0,05$  тепловыделение от трения достигает значения, при котором начинается испарение смазки и кратковременное схватывание отдельных участков поверхностей трения роликов и колодочек. Давление, при котором  $f = 0,05$ , является критическим  $P_{кр}$ ;

5) при достижении значения  $f = 0,06 – 0,07$  идет интенсивное окисление и износ поверхностей трения, а  $f$  остается стабильным или незначительно снижается при увеличении давления. Такое поведение пар трения объясняется изменением физико-химических свойств бронзы под воздействием температуры.

Отмеченные для всех пар трения явления, связанные с переходом от одного режима трения к другому, возникают у различных пар трения при разных давлениях, что видно из полученных результатов (рисунок 1).

Очень важным показателем, характеризующим пару трения, является критическое давление перехода от смешанного трения к режиму разрушения масляного слоя  $P_{кр}$ , при котором начинается за-

едание. Наиболее высокое и стабильное значение  $P_{кр}$  имеет пара ролик №2+БрС30 ( $P_{кр}^{cp} = 16,0 \text{ МН/м}^2$ ). Стабильность значения  $P_{кр}$  у каждой пары получилась разная. Разница между  $P_{кр}^{мин}$  и  $P_{кр}^{макс}$  представляет разброс значений этого показателя. Минимальный он у роликов №0, №2, а максимальный у роликов №1.

Минимальные значения коэффициента трения и давление, при котором они достигнуты, для каждой пары трения характеризуют фрикционные свойства пары трения в режиме граничного трения. Ролики №2 по этому показателю обладают некоторым преимуществом, его характеризует более высокое критическое давление перехода от смешанного трения к режиму устойчивого разрушения масляного слоя  $P_{кр}$  при котором начинается заедание.

**Заключение.** Проведенный анализ результатов исследования сопротивления заеданию покрытий позволяют рекомендовать для восстановления изношенных поверхностей шеек коленчатых валов автомобильных дизелей методом активированного дугового напыления состав материала порошковой проволоки, содержащей 0,44 % С, 23,5 % Cr, 1,5 % V; 3,5 % Nb; 6,5 % Mo; 2,2 % W.

#### Список использованной литературы

1. Кудинов, В. В. Нанесение плазмой тугоплавких покрытий [Текст] / В. В. Кудинов, В. М. Иванов. – М. : Машиностроение, 1981. – 192 с.
2. Роль адгезии смазочного масла при граничной смазке [Текст] / А. Ф. Ильющенко [и др.] // Трение и износ. – 1998. – Т. 19. – № 3. – С. 23-25.
3. Структура и свойства стальных покрытий, нанесенных методом активированной дуговой металлизации [Текст] / Ю.С. Коробов [и др.] // Сварочное производство. – 1997. – №1. – С. 4-6.

**Abstract.** The results of researches of the friction coefficient of coatings sprayed with activated arc spraying are presented.

УДК 621.9.048

**Иванов В.И.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук;  
**Игнатков Д.А.**, доктор технических наук, профессор;  
**Коневцов Л.А.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук

<sup>1</sup> *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация,*

<sup>2</sup> *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт материаловедения Хабаровского научного центра  
Дальневосточного отделения Российской академии наук,  
г. Хабаровск, Российская Федерация*

## **ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ПРОЦЕССА И ДИСПЕРСНОСТИ СТРУКТУРЫ ИЗМЕНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ МАТЕРИАЛА КАТОДА**

***Аннотация.** В статье приведены результаты выполненных экспериментальных исследований процесса электроискрового легирования (ЭИЛ) в направлении управления дисперсностью поверхностного слоя. Установлено наличие для каждого электрического режима широкого диапазона искровых импульсов по энергии разряда и длительности. Отмечено влияние на изменение размеров зерен технологических параметров ЭИЛ в исследованном диапазоне частоты импульсов 160...1600 Гц.*

**Введение.** Эксплуатационные свойства различных изделий (детали машин, инструменты) в значительной степени зависят от химического и фазового состава, структуры и свойств поверхностного слоя. При этом прочностные свойства связаны с дисперсностью структуры, т.е. размеров ее зерен. Уменьшение дисперсности структуры, вплоть до создания наноструктурированного слоя, способствует значительному улучшению физико-механических и химических свойств поверхностного слоя, положительно влияет на увеличение ресурса изделий. Эта проблема носит глобальный характер, решению ее посвящены исследования многих специалистов технически развитых стран [1-4].

В ранее опубликованной нами работе [5] приведены результаты анализа литературных данных и выполненных экспериментальных исследований по формированию ультрамелкозернистых (УМЗ) и нанокристаллических (НК) поверхностных слоев металлических материалов путем применения метода электроискрового легирования (ЭИЛ). Проведен анализ технологических параметров метода ЭИЛ, способствующих получению таких слоев, сформулированы основные принципы формирования УМЗ и НК структур этим методом. Данная работа направлена на развитие этих исследований.

**Цель работы** заключалась в определении возможности управления дисперсностью измененного поверхностного слоя (ИПС) при использовании ЭИЛ путем изменения энергетических параметров этого процесса.

Работа выполнена с учетом основных параметров, присущих этому методу (электрических, механических, физико-химических и временных) [5], управление которыми может обеспечить формирование НК и УМЗ поверхностных слоев металлических материалов.

**Методика экспериментальных исследований.** Экспериментальные исследования включали энергетическую и металлургическую части. Первая часть работы выполнена с использованием методики определения энергетических параметров процесса ЭИЛ, основанной на техническом решении согласно патенту РФ на изобретение № 2482943 и описанной в [6]. Методикой предусмотрено выполнение компьютерной записи процесса ЭИЛ в течение фиксированного времени (принято 10 с), обработка полученных данных с помощью компьютерных программ Matlab и L-Graf и анализ полученной информации. Обработка ЭИЛ производилась на современной универсальной установке модели «БИГ-5» [7] с использованием электродов из модельных материалов (медь, вольфрам, титан, никель и др.) и твердых сплавов типа ТК, ВК и ТТК., материал катода – сталь 45.

Вторая часть работы заключалась в исследовании методом электронной микроскопии образцов с ЭИ покрытиями по их поверхности и поперечному сечению. Использовался сканирующий электронный микроскоп TM4000Plus.

**Результаты исследований и их анализ.** На рисунке 1 приведена обобщенная информация об импульсном процессе ЭИЛ, показывающая его характер. Показанные на рисунке 1 энергетические

*Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

картины, соответствующие разным условиям обработки в течение принятого базового времени (10 с), отражают значительное различие искровых импульсов по величине энергии и их распределению. В частности, различна в этих картинах насыщенность импульсами, которая возрастает с увеличением их частоты.

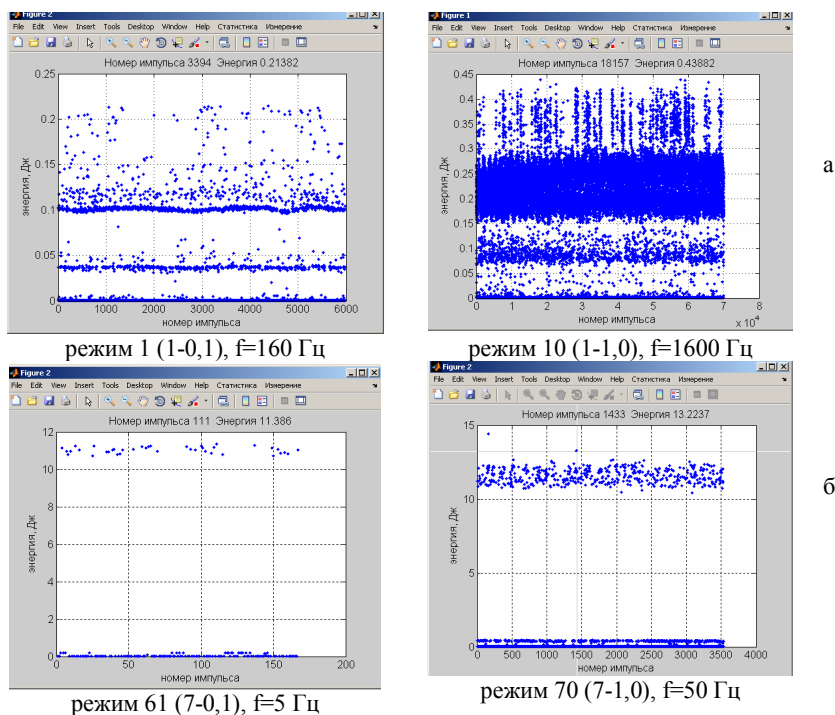


Рисунок 1 – Энергетические картины процесса ЭИЛ стали 45 твердым сплавом ВК8 при энергии импульсов  $E$  (Дж): а – 0,11; б – 10.

Говоря о неравномерности распределения импульсов в пределах всего диапазона их энергии, отметим, что они по величине энергии расположены зонами нижнего, среднего и верхнего уровней. Ряд исследованных электрических режимов состоят только из двух зон: нижней и верхней. Экспериментально установлено, что суммарное количество импульсов нижнего уровня составляет значительную долю в общем их числе (50...90 %), энергетический вклад их мизигален.

В настоящее время отсутствуют сведения о степени влияния импульсов нижнего уровня на результаты обработки ЭИЛ, однако можно предположить, что наличие значительного количества их оказывает влияние на процесс формирования покрытия, способствуя повышению дисперсности его структуры.

Результаты металловедческих исследований образцов с ЭИ покрытиями дают основание утвердиться в правомочности такой гипотезы, требующей дальнейших целенаправленных исследований. В работе рассмотрено влияние энергии импульсов на дисперсность структуры ЭИ покрытия. На рисунке 2 приведены фотографии поперечных микрошлифов образцов после ЭИЛ на разных режимах установки «БИГ-5». Видно заметное различие по дисперсности поверхностного слоя – покрытия, связанное с величиной энергии искровых импульсов.

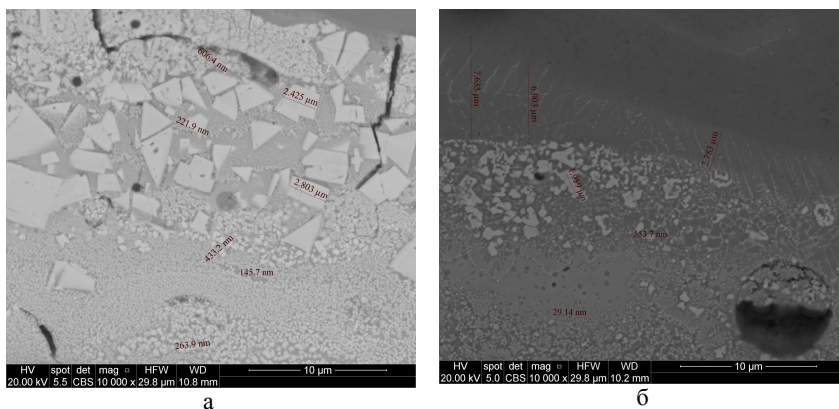


Рисунок 2 – Микроструктура поверхностного слоя стали 45 после ЭИЛ на установке «БИГ-5» (x10000), электрические режимы: а – № 11 ( $E=0,22$  Дж,  $f=120$  Гц); б – № 46 ( $E=1,8$  Дж,  $f=120$  Гц)

Изменением электрических параметров ЭИЛ на установке «БИГ-5» получена возможность управления размерами зерен кристаллической структуры поверхностного слоя покрытий твердым сплавом ВК8 на стали 45 от 700 до 40 нм, при этом доля НК зерен (<100 нм) в общем объеме составляла от 5 до 50 %.

Таким образом, установлено влияние на изменение размеров зерен технологических параметров ЭИЛ в исследованном диапазоне частоты импульсов 160...1600 Гц:

- ужесточение электрического режима (увеличение энергии импульсов) ведет в зависимости от теплофизических свойств материалов анода и катода как к повышению их размеров и снижению доли наноразмерных зерен, так и обратному результату;

- увеличение удельной длительности обработки способствует уменьшению зернистости;

- обработка методом ЭИЛ с использованием электродов из металлокерамического твердого сплава ВК8 (величина зерна 1-3 мкм) способствует измельчению карбидных зерен в покрытиях.

Результаты выполненных экспериментальных исследований позволили сделать **вывод** о возможности методом ЭИЛ управления дисперсностью поверхностного слоя детали, перспективности продолжения исследований в направлении создания этим методом функциональных НК и УМЗ покрытий.

#### Список использованной литературы

1. Drexler K. E. /Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation. – New York: Wiley, 1992. – 518 p.

2. Ten Wolde A. /Nanotechnology: Towards a Molecular Construction Kit. – Boston: New World Ventures, 1998. – 357 p.

3. Nanostructured Materials. / Ed. J. Yi-Ru Ying. – New York: Academic Press, 2001. – 350 p.

4. Гусев А. И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. // М.: Физматлит, 2009. – 416 с.

5. Использование электроискрового легирования для управления кристаллической структурой поверхностных слоев металлов и сплавов / В.И. Иванов, А.Ю. Костюков, Л.А. Коневцов, Д.А. Игнатков // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7-8 июня 2017 г. - Минск, БГАТУ. – 2017. – 396 с. – С. 130-138.

6. Иванов В.И. Энергетические параметры процесса электроискровой обработки металлических поверхностей: методика определения параметров (на примере установки «БИГ-1») / Электронная обработка материалов, 2015, 51 (1), с. 105-113.

7. Иванов В.И., Гришко А.А. Электроискровая установка «БИГ-5» для универсального применения при упрочнении и восстановлении деталей и инструментов. / Упрочняющие технологии и покрытия, 2014, № 6, с. 20-23.

**Abstract.** The article presents the results of performed experimental studies of the process of electrospark alloying (ESA) in the direction of controlling the dispersion of the surface layer. The availability for each electric mode of a wide range of spark pulses for discharge energy and duration is established. The effect on the change in grain size of technological parameters of ESA in the investigated frequency range of pulses of 160 ... 1600 Hz is noted.

УДК 621.793

**Миранович А.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Мисько В.Г.**, старший преподаватель;

**Василевский П.Н.**, магистр технических наук,  
старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **СТРУКТУРА И СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКОЙ**

**Аннотация.** В статье приведены результаты исследований микроструктуры и свойств покрытий, полученных магнитно-электрическим упрочнением и лазерной обработкой.

Для упрочнения и восстановления пустотелых и нежестких деталей машин в условиях ремонтных предприятий применяются современные технологии, основанные на использовании концентрированных потоков энергии [1, 2]. К их числу относится магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (ФМП), обладающее такими достоинствами, как отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности

детали, незначительная зона термического влияния и высокая прочность сцепления покрытия с основным материалом детали. Вместе с тем, такие дефекты покрытий, как разнотолщинность, наличие пор не позволяют использовать МЭУ для упрочнения и восстановления поверхностей деталей машин, износ которых превышает 0,1 мм на диаметр [1, 3]. Решение этой проблемы возможно за счет обработки покрытий лазером. При этом следует отметить, что влияние лазерной обработки на кинетику фазовых превращений, структуру и свойства покрытий, полученных МЭУ, ранее не изучалось.

Эксперименты проводили на цилиндрических образцах из стали 45 (ГОСТ 1050-88), микроструктура которых после закалки представляла собой смесь феррита и сорбитообразного перлита.

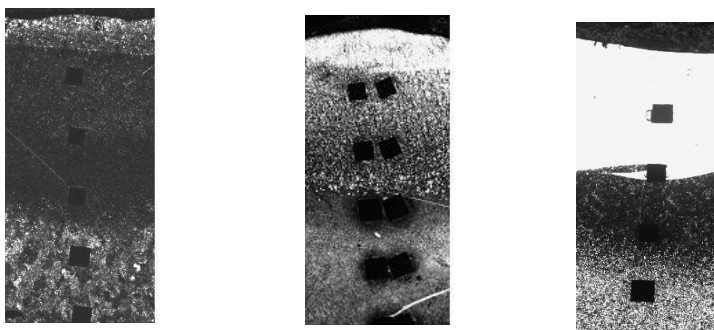
На поверхность образцов наносили покрытия из двухкомпонентных легированных порошков на основе железа Fe-5%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), сплава ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75) в составе пасты (эпоксидная смола ЭДП (ТУ 2395-001-49582674-99), растворенная в жидком стекле (ТО РБ 02974150 – 015 – 99) на установке модели УМЭУ-1. Последующая лазерная обработка покрытий на образцах производилась на CO<sub>2</sub>-лазере модели «Комета-2» мощностью 1 кВт.

Микроструктура покрытий изучались методом оптической металлографии поперечных шлифов с использованием светового микроскопа Mef-3 фирмы «Reichert-Jung» (Австрия) и цифрового фотоаппарата «HP photosmart 715 digital camera». Рентгенофазовый анализ (РФА) осуществляли с помощью рентгеновского дифрактометра ДРОН-3М. Микротвердость измеряли на приборе ПМТ-3М при величине статической нагрузки на индентор  $P \sim 0,49$  Н (50 г). Толщину покрытий определяли по распределению микротвердости в поперечном сечении образцов при помощи окулярной вставки с увеличением в 200 раз. Разнотолщинность покрытий определялась по разности максимальной и минимальной местных толщин покрытий образца. Объемная пористость покрытий определялась методом гидростатического взвешивания.

Микроструктурный анализ показал, что покрытия из ФМП Fe-Ti характеризуется мелкодендритным строением (рисунок 1, а), основу которого составляет твердый раствор титана в  $\alpha$ -железе, а также незначительного количества остаточного аустенита, интерметаллидов (FeTi, Fe<sub>2</sub>Ti), карбидов титана (TiC) и железа (FeC). Граница

раздела имеет плавный переход, в котором происходит полная фазовая перекристаллизация материала основы с образованием дислокационного мартенсита и рекристаллизованного феррита.

Покрытие из ФМП Fe-5%V также характеризуется мелкодисперсным строением (рисунок 1, б), основу которого составляет твердый раствор ванадия в  $\alpha$ -железе, остаточный аустенит, карбиды ванадия ( $V_2C$ ,  $V_4C_{2,67}$ ) и железа ( $FeC$ ,  $FeC_8$ ). Диффузионная зона имеет структуру дислокационного мартенсита. Зона термического влияния (ЗТВ) представляет собой область неполной закалки, структура которой представляет феррит и отдельные участки перлита, превратившегося в троосто-мартенсит.



Покрытия из ФМП: а – Fe-Ti ( $\times 50$ ), б – Fe-5%V ( $\times 50$ ), в – ФБХ-6-2 ( $\times 50$ )

Рисунок 1 – Фотографии микроструктуры покрытий после МЭУ и лазерной обработки

В покрытии из ФБХ-6-2 наплавленный слой имеет микроструктуру мелкодисперсного строения (рисунок 1, в). Поверхностные слои состоят из частиц очень тонкого игольчатого строения, которые вытянуты в сторону основного металла. Основу покрытия составляет твердый раствор хрома в  $\alpha$ -железе, остаточный аустенит, а также карбиды железа ( $Fe_2C$ ), бориды ( $FeB$ ,  $CrB_2$ ,  $Cr_3B_3$ ) и ферроборида ( $Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}$ ).

В результате РФА установлено, что в покрытиях из ФМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V доля аустенита значительно больше, чем в покрытии из

ФМП Fe-Ti (таблица 1). Это обусловлено достаточно высокой концентрацией углерода стабилизирующего аустенит, что объясняется особенностью формирования структуры в процессе МЭУ. При лазерной обработке покрытий из ФМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V в результате подплавления материала основы происходит встречная диффузия углерода в покрытие, а также частичное расплавление карбидов в жидком металле.

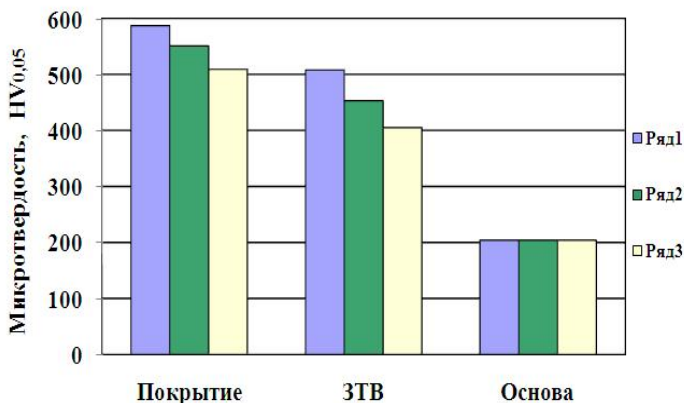
Таблица 1 – Фазовый состав покрытий из ФМП Fe-Ti, Fe-5%V и ФБХ-6-2

Присутствующие фазы	Содержание, %	Присутствующие фазы	Содержание, %	Присутствующие фазы	Содержание, %
Покрытие из ФМП Fe-Ti		Покрытие из ФМП Fe-5%V		Покрытие из ФМП ФБХ-6-2	
FeTi	1,10	V <sub>2</sub> C	1,30	FeB	1,90
Fe <sub>2</sub> Ti	0,90	V <sub>4</sub> C <sub>2,67</sub>	0,90	CrB <sub>2</sub>	1,60
TiC	1,90	FeC	1,60	Cr <sub>5</sub> B <sub>3</sub>	1,80
FeC	2,40	FeC <sub>8</sub>	0,50	Cr <sub>7</sub> C <sub>3</sub>	1,50
тв. раств. Ti в α Fe	91,50	тв. раств. V в α -Fe	91,10	Fe <sub>2</sub> C	2,10
остаточный аустенит	2,20	остаточный аустенит	4,60	тв. раств. Cr в α -Fe	87,00
				остаточный аустенит	4,10

Результаты исследований (рисунок 2) показывают, что наибольшее значение средней микротвердости наблюдается у покрытий, полученных МЭУ ФМП ФБХ-6-2, и составляет 587 HV<sub>0,05</sub>, что в 2,9 раза больше по сравнению с материалом основы.

Это обусловлено формированием мелкодисперсной структуры слоев в результате их скоростного охлаждения. Следует отметить, что после лазерной обработки покрытий из ФМП ФБХ-6-2 средняя микротвердость уменьшилась примерно в 1,2 раза и составляет 508 HV<sub>0,05</sub>.

Снижение микротвердости возможно по причине перераспределения внутренних напряжений на границе раздела «покрытие-основа детали».



Ряд: 1 – ФБХ-6-2; 2 – Fe-5%V; 3 – Fe-Ti

Рисунок 2 – Диаграмма результатов исследований на микротвердость

Результаты исследований (таблица 2) показывают, что лазерная обработка покрытий, полученных МЭУ, при уменьшении средней их толщины в 1,12 раза, позволяет повысить качество поверхностного слоя за счет снижения их объемной пористости в 2,7 – 3,3 раза и средней разнотолщинности в 1,16 – 1,21 раза.

Таблица 2 – Пористость, толщина и разнотолщинность покрытий, полученных МЭУ и лазерной обработки

Материал ФМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм	Объемная пористость покрытий, %
Магнитно-электрическое упрочнение			
Fe-Ti	257	63	6,8
Fe-5%V	263	57	4,6
ФБХ-6-2	274	51	5,1
Магнитно-электрическое упрочнение и лазерная обработка			
Fe-Ti	229	54	2,3
Fe-5%V	235	49	1,4
ФБХ-6-2	244	42	1,9

**Выводы.** Экспериментальными исследованиями установлено, что лазерная обработка покрытий, полученных МЭУ, обеспечивает:

1. Снижение средней микротвердости поверхностного слоя примерно в 1,2 раза;
2. В покрытиях из ФМП ФБХ-6-2 и Fe-5%V значительно большую долю аустенита, чем в покрытии из ФМП Fe-Ti;
3. Уменьшение объемной пористости покрытий в 2,7–3,3 раза и их средней разнотолщинности в 1,16–1,21 раза.

#### Список использованной литературы

1. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк : ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
3. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

**Abstract.** The article presents of the thickness and microstructure of coatings obtained by magnetic-electric hardening and laser treatment.

УДК 621.9

**Дудников А.А.**, кандидат технических наук, профессор;

**Беловод А.И.**, кандидат технических наук, доцент;

**Келемеш А.А.**, кандидат технических наук;

**Горбенко А.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Дудник В.В.**, кандидат технических наук

*Полтавская государственная аграрная академия,*

*г. Полтава, Украина*

## **ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ НА НАДЁЖНОСТЬ МАШИН**

**Аннотация.** В статье рассмотрены различные методы повышения надёжности деталей сельскохозяйственных машин. Исследован процесс вибрационной обработки деталей.

Повышение надёжности машин, агрегатов является комплексом проблем, к числу которых следует отнести: использование материалов при изготовлении и восстановлении деталей, обладающих необходимыми физико-механическими свойствами; применение эффективных технологий; экономные режимы эксплуатации. Должны быть установлены оптимальные эксплуатационные требования для обеспечения экономически выгодного использования техники. Важной задачей является установление оптимальных сроков службы основных элементов машин, особенно наиболее изнашиваемых сборочных единиц и деталей.

Как правило, надёжность техники определяется долговечностью трущихся пар. Поэтому важной проблемой является разработка эффективных технологических процессов упрочнения, к числу которых следует отнести способ пластического деформирования (наклёпа) рабочих поверхностей деталей машин: обкатывание роликами (шариками); вибрационное и ультразвуковое упрочнение.

В машиностроении довольно широко применяется технологический процесс обкатывания поверхностей изготавливаемых деталей для упрочнения рабочих поверхностей. Положительный эффект данной технологии объясняется разупрочняющим действием поверхностноактивной среды (эффект Ребиндера).

Применение виброобкатывания способствует улучшению эксплуатационных свойств деталей: повышение износостойкости, прочности, срока службы.

Вибрационное обкатывание имеет следующие основные особенности: упрочнение обрабатываемой поверхности; обеспечение необходимой шероховатости; высокая точность размеров.

Обычно виброобкатывание применяется для обработки деталей из черных и цветных металлов и сплавов твердостью их материала до 65 HRC. При этом усилие деформирования составляет 50 – 200 Н, а микротвердость материала обработанной поверхности до 30% выше исходной. Упрочнение обработанных деталей повышает их износостойкость при эксплуатации более чем в 2 раза [1].

За последнее время в машиностроении довольно широко применяются вибрационные колебания при многих технологических операциях. Возникла необходимость их использования при разработке технологических процессов в ремонтном производстве при восстановлении деталей машин.

На кафедре «Технологии и средства механизации аграрного производства» разработан целый ряд технологий по восстановлению изношенных деталей сельскохозяйственных машин на основе использования вибрационных колебаний.

Известно, что поршневые пальцы и втулки верхних головок шатунов по сравнению с другими деталями типа тел вращения работают в условиях высоких знакопеременных нагрузок и температур. Проверка эксплуатационной стойкости восстановленных вибрационным упрочнением указанных деталей проводилась на двигателях семейства ЗМЗ, работавших в механизированном сельскохозяйственном комплексе: трактор – сельскохозяйственная машина – автомобиль, эксплуатационная нагруженность которого высокая из-за частых пусков и остановок двигателя.

Нагруженность  $K_H$  оценивалась отношением наработки к общему пробегу. Данные эксплуатационных испытаний представлены в таблице 1.

Как показали исследования величина износа поршневых пальцев, восстановленных методом вибрационного деформирования в 1,23 раза меньше, чем при традиционном методе восстановления, что подтверждает эффективность вибрационной технологии.

Таблица 1 – Данные эксплуатационных испытаний

Среднее значение износа поршневого пальца, мм			Нагруженность $K_H$
Восстановление вибрационным упрочнением	Восстановление обычным методом	Восстановление вибрационным упрочнением	Восстановление обычным методом
0,039	0,048	0,037	

В повышении надёжности и долговечности рабочих органов свеклоуборочных машин, зерновых сеялок, плугов значительная роль принадлежит упрочняющим обработкам их рабочих органов.

В этой связи были разработаны и внедрены в производство технологические процессы восстановления дисков копачей свеклоуборочных комбайнов, дисков сошников зерновых сеялок, плужных лемехов с использованием вибрационных колебаний обрабатываемого рабочего инструмента.

Технологический процесс восстановления дисков копачей включает следующие операции: отбор дисков пригодных к восстановлению и обрезка по наружному диаметру их изношенной части; изготовление сегментных шин и их приварка по наружному диаметру; автоматическая наплавка поверхности шин порошком сормайта; заточка режущей части диска; вибрационное упрочнение лезвия диска.

На эксплуатационные испытания были поставлены следующие варианты дисков копачей: новые диски из стали 65Г; восстановленные приваркой шин из стали 45 с последующей автоматической наплавкой сормайтом; восстановленные приваркой шин из стали 45 с автоматической наплавкой сормайтом и упрочнённые вибрационным деформированием (таблица 2).

Увеличение наработки комбайна с дисками, упрочнёнными вибрационным методом, составило 1,21 раза.

Важными показателями надёжности свеклоуборочной техники является коэффициент технического использования, который характеризует как безотказность, так и ремонтпригодность, и учитывает время пребывания объекта в работоспособном состоянии и время на проведение технического обслуживания и ремонт.

Таблица 2 – Результаты эксплуатационных испытаний дисков копачей

Вариант диска копача	Убранная площадь, га	Износ по радиусу лезвия ножа диска, мм		Увеличение толщины лезвия ножа диска, мм		Процент невыкапываемости корнеплодов
		активного	пассивного	активного	пассивного	
1. Новые диски из стали 65Г	335	6,95	6,61	4,72	4,58	5,1
2. Восстановленные приваркой шин из стали 45 с последующей автоматической наплавкой сормайтом	362	6,28	5,76	5,24	5,11	4,6
3. Восстановленные приваркой шин из стали 45 с автоматической наплавкой сормайтом и упрочнённые вибрационным деформированием	405	4,93	4,54	3,89	3,77	3,8

В таблице 3 приведены средние значения коэффициента технического использования свеклоуборочных комбайнов, работающих с дисками копачей указанных вариантов таблице 2, в составе сельскохозяйственного механизированного комплекса.

Таблица 3 – Значение коэффициента технического использования

Вариант диска копача	Наработка до переточки, га	Коэффициент технического использования, $K_{ти}$
1	145	0,928
2	170	0,938
3	284	0,990

Как видно из таблицы 3 коэффициент технического использования свеклоуборочных комбайнов, работающих с дисками, восстановленными по разработанной и внедрённой технологии, в 1,07 раза выше, чем у комбайнов с новыми дисками [2].

Разработка и применение альтернативных энергосберегающих и эффективных в эксплуатации методов обеспечения надёжности их поверхности является весьма актуальной. Поэтому создание технологии их упрочнения с использованием механических колебаний способствует повышению ресурса почвообрабатывающих машин. Для повышения их надёжности, в частности лемехов плугов ПЛН-5-35, ПЛН-3-35 нами разработана и внедрена в производство технология их восстановления, обеспечивающая повышение их износостойкости и прочности [3].

Эксплуатационные исследования наработки плужных агрегатов проводили для следующих вариантов лемехов: новых из стали 65Г; новых из стали 65Г, упрочненных вибрационной обработкой; восстановленных приваркой шин из стали 45 с наплавкой сормайт и вибрационным упрочнением.

Надёжность работы указанных лемехов оценивалась наработкой плужного агрегата, приходящейся на единицу износа носка, ширины и толщины лемеха. Наибольшие значения указанных параметров 10,95 га/мм; 41,87 га/мм и 65,43 га/мм. Наименьшие значения имели новые лемеха из стали 65Г, соответственно: 7,27 га/мм; 34,36 га/мм; 51,34 га/мм.

Эксплуатационными исследованиями установлено, что более надёжными были лемеха, восстановленные приваркой шин из стали 45 с наплавкой сормайт и вибрационным упрочнением. Скорость изнашивания носка, ширины и толщины лезвия лемеха соот-

ветственно в 1,51; 1,22 и 1,27 раза меньше по сравнению с новыми лемехами из стали 65Г.

Надёжность работы почвообрабатывающих машин, работающих с указанными рабочими органами, оценивалась по их наработке и коэффициенту технического использования (таблица 4).

Таблица 4 – Оценочные показатели надёжности

Варианты лемехов	Средняя наработка	Коэффициент технического использования, $K_{ТИ}$
1. Новые из стали 65Г	448	0,951
2. Восстановленные привариванием шин из стали 65Г с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением	470	0,994
3. Новые лемеха, обработанные вибрационным упрочнением	458	0,981

Установлено, что наибольшее значение  $K_{ТИ} = 0,994$  имели плужные агрегаты с лемехами, восстановленными привариванием шин из стали 45 с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением, а наименьшее значение  $K_{ТИ} = 0,951$  – с новыми лемехами из стали 65Г. Коэффициент технического использования плужных агрегатов с лемехами, восстановленными по разработанной технологии, в 1,045 раза выше, чем у плужных агрегатов с новыми лемехами из стали 65Г.

Таким образом, использование вибрационной упрочняющей обработки рабочих органов сельскохозяйственной техники способствует повышению её ресурса.

#### Список использованной литературы

1. Клименко В.М. Вибрационная обработка металлов давлением / В.М. Клименко, В.И. Шаповал. – К.: Техника, 1987. – 128с.
2. Дудников А.А. Упрочняющая обработка вибрационным деформированием / А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.В. Горбенко // Сб. науч. трудов ЛНАУ. – Луганск. – 2006. - №68/91. – С. 86-88.
3. Дудников И.А. Повышение долговечности плужных лемехов / И.А. Дудников, В.В. Дудник // Вестник национального технического университета «ХПИ». – Харьков, 2011. - №10. – С. 35-38.

**Abstract.** In the article various methods of increasing the reliability of parts of agricultural machines are considered. The process of vibration processing of parts has been studied.

УДК 621.43

**Тарасенко В.Е.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Жешко А.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Якубович О.А.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусская универсальная товарная биржа,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПРОВЕДЕНИЮ ИСПЫТАНИЙ СИСТЕМ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН**

***Аннотация.** Описано локальное приложение, разработанное с целью дополнения методики испытаний систем самоходной сельскохозяйственной техники и позволяющее осуществлять расчет допустимой температуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация машины в любом регионе мира.*

**Введение.** Целью испытаний полнокомплектных систем мобильных машин является проверка их на соответствие техническому заданию и способность функционировать в заданных условиях и при воздействии возмущающих факторов. Испытания проводятся на моторном стенде в составе с дизелем и полным капотировании в тепловой камере, где имитируются климатические условия эксплуатации, или нагрузочном стенде полнокомплектной самоходной сельскохозяйственной машины в условиях, приближенных к эксплуатационным. Заключительным этапом испытаний систем являются испытания полнокомплектной мобильной сельскохозяйственной машины (МСХМ) в рядовой эксплуатации при выполнении наиболее энергоемких работ [1].

Данная статья имеет целью дополнить существующую методику проверки эффективности работы теплонапряженных систем МСХМ, открыть возможность определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости (ОЖ) и маслу путем осуществления интерактивного взаимодействия с серверами погоды и картографической информацией.

**Основная часть.** В рамках проводимой научно-исследовательской работы «Обоснование режимов работы дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин мощностью свыше 250 л.с., обеспечивающих их топливную экономичность и тепловую эффективность» разработано web-приложение, позволяющее осуществлять расчет допустимой температуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация МСХМ в рассматриваемом регионе мира. Указав планируемое место эксплуатации техники и получив координаты на местности, можно получить пороговое значение температуры окружающей среды. При этом учитываются как среднестатистические значения температуры окружающей среды за последние семь лет из базы данных сервера, так и текущие значения температуры. Предлагаемое приложение интегрировано с сервером погоды «Premium weather API for Developers» (<https://developer.worldweatheronline.com>), базы которого содержат необходимые статистические сведения. Анализ статистического массива данных по температуре окружающей среды за последние годы позволяет сформировать достаточно точный прогноз на ближайшую перспективу и выполнить последующие расчеты непосредственно на день проведения испытаний.

Алгоритм определения предельной температуры окружающей среды по ОЖ и маслу путем интерактивного взаимодействия с сервером погоды и картографической информацией представлен на рисунке 1. Место проведения испытаний техники указывается на электронной карте, подгружаемой из картографического сервиса. Пользователь осуществляет поиск объекта, вблизи которого планируется проведение испытания, в программу передаются координаты искомого места методом прямого геокодирования. Перемещением изображения МСХМ осуществляется уточнение координат места испытаний, т.е. выполняется обратное геокодирование. Дата проведения испытаний указывается путем выбора необходимой даты в календаре, появляющегося при редактировании текстового поля «Дата проведения испытаний».

После завершения выбора места и времени проведения испытаний, нажатию на кнопку «Загрузить погоду» осуществляется загрузка соответствующих данных по следующему принципу.

Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования

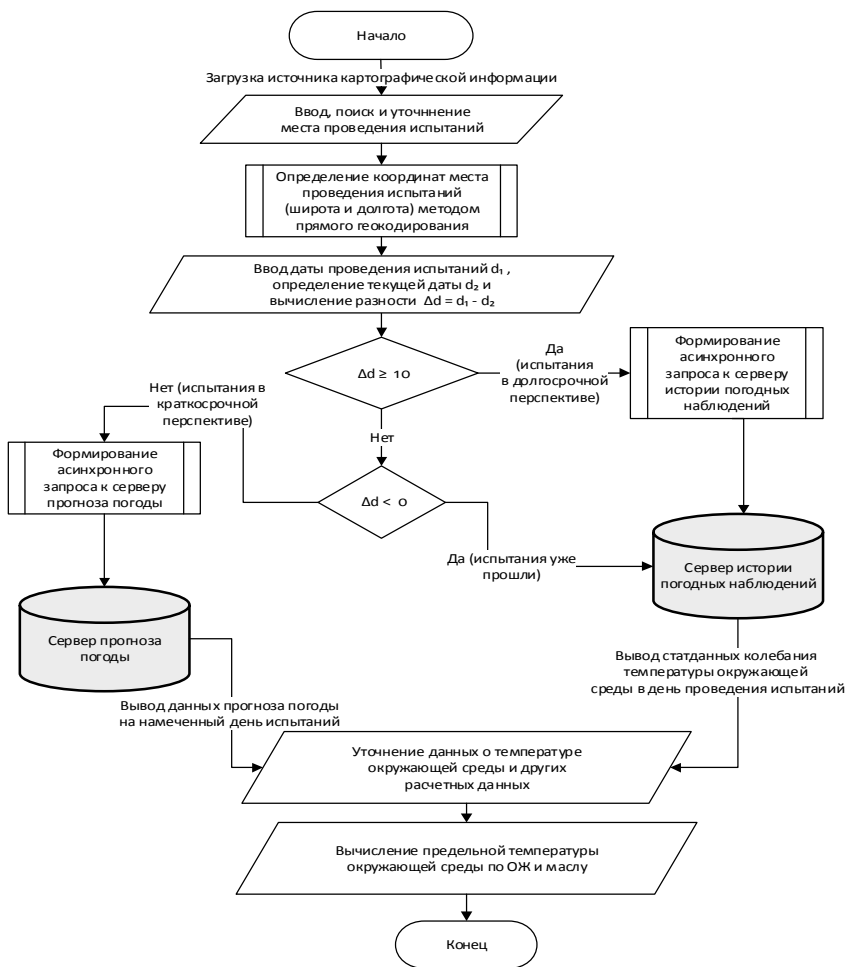


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости и маслу

Если разность текущей даты  $d_2$  (определяется автоматически) и даты, указанной в текстовом поле «Дата проведения испытаний»  $d_1$  меньше 10 дней, т.е.

$$\Delta d = d_1 - d_2 < 10, \quad (1)$$

где  $d_1$  – дата проведения испытаний;  $d_2$  – текущая дата;  $\Delta d$  – разность дат проведения испытаний и текущей, то загружается

прогноз погоды, предоставляемый веб-сервисом, на дату проведения испытаний. Временной интервал данных о погоде в течение суток может задаваться в диапазоне 1 – 24 ч, по умолчанию составляет 3 ч.

Если разность текущей даты  $d_2$  и даты, указанной в текстовом поле «Дата проведения испытаний»  $d_1$  больше либо равно 10 дням, т.е.

$$\Delta d = d_1 - d_2 \geq 10, \quad (2)$$

то на веб-сервис погоды отправляется запрос о предоставлении статистических данных о метеонаблюдениях за указанным местом проведения испытаний за последние 9 лет. В запросе можно также задавать временной интервал из ряда 1, 3, 6, 12 и 24 ч. Причем интервалу 24 ч соответствует среднесуточная температура на день проведения испытаний. Временной интервал 24 ч используется по умолчанию. Данные о колебании температуры окружающей среды в день проведения испытаний отображаются в виде диаграммы.

Среднее значение температуры при выполнении условия (2) вычисляются автоматически, передаются в текстовое поле «Температура окружающей среды» и при необходимости могут редактироваться пользователем.

При выполнении условия (1) пользователь, в зависимости от времени проведения испытаний, выбирает температуру окружающей среды из таблицы и вводит выбранное значение в текстовое поле «Температура окружающей среды».

Помимо выбранных значений температуры окружающей среды, также необходимо указать допускаемую температуру ОЖ и смазочного масла, температуру ОЖ и масла при испытаниях.

После нажатия на кнопку «Расчет» отображаются результаты вычислений предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости и маслу.

Предложенный алгоритм позволяет более рационально проводить комплекс исследований по подбору вентиляторов, автотракторных теплообменников, параметров их установки, поиск оптимального расположения продувочных окон капота в зависимости от компоновочного решения и конкретного региона эксплуатации, что в совокупности позволит обеспечить оптимальный тепловой режим двигателя МСХМ.

**Заключение.** Предложено дополнение методики испытаний систем МСХМ, позволяющее выполнять расчет допустимой темпе-

ратуры окружающей среды, при которой возможна эксплуатация МСХМ в любом регионе мира.

Последовательность определения предельной температуры окружающей среды по охлаждающей жидкости и маслу базируется на интерактивном взаимодействии с серверами погоды и картографической информацией. Анализ статистического массива данных по температуре окружающей среды позволяет сформировать достаточно точный прогноз на ближайшую перспективу и выполнить последующие расчеты непосредственно на день проведения испытаний.

### Список использованной литературы

1. Якубович, А.И. Системы охлаждения двигателей тракторов и автомобилей. Конструкция, теория, проектирование / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2011. – 436 с.
2. Инвариантная система жидкостного охлаждения ДВС со следящим электроприводом вентилятора обдува / И.П. Ксенович [и др.] // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2007. – №11. – С. 16–19.
3. Cummins Engine Compani (Rev. 9/82) / Printed in U.S.A. Bulletin 3382685, Inc. – Columbus, Indiana 47201. – 83 с.
4. Тарасенко, В.Е. Обеспечение температурного режима системы охлаждения дизеля сельскохозяйственного трактора совершенствованием жидкостного и воздушного контуров: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / В. Е. Тарасенко. – Минск, 2009. – 179 л.
5. Основные положения и практическая реализация создания типоразмерного ряда тракторов «БЕЛАРУС»: описание работы / Произв. объедин. «Минский тракт. завод»; рук. работы М.Г. Мелешко. – Минск, 2006. – 385 с.
6. Информационное сообщение. Системы охлаждения агрегатов современных тракторов / Реф. В.М. Володин // Дифференцированное обеспечение руководства научно-технической информацией «ДОР НТИ» // Profi technik. – 2005. – № 9. С. 76–79.
7. Направления совершенствования, повышения тепловой эффективности систем охлаждения высокоэнергонасыщенных тракторов: отчет о НИР (заключ.) / НАН Беларуси, Науч. центр пробл. мех. машин (НЦ ПММ НАНБ); рук. темы А.И. Якубович. – Минск, 2000. – 196 с. – № П 1335.

**Abstract.** Present the local application developed for the purpose of addition the method of bench tests systems of agricultural machinery and allowing to perform calculation of admissible environment temperature at which operation of the machine in any region of world space is possible.

УДК 621.43.001.4

**Жданко Д.А.**, кандидат технических наук, наук;

**Сушко Д.И.**, старший преподаватель;

**Вербицкий Д.С.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АГРЕГАТОВ ГИДРОПРИВОДА МОБИЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО ОБЪЕМНОМУ КОЭФФИЦИЕНТУ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ**

***Аннотация.** Целью работы является разработка методики оценки технического состояния агрегатов гидравлического привода мобильных энергетических средств, для повышения функциональной надежности и эффективности технического обслуживания, предупреждения отказов при эксплуатации гидропривода и обеспечения прогнозирования остаточного ресурса агрегатов на задаваемых интервалах наработки.*

В современных мобильных энергетических средствах производства республики Беларусь и импортных вращение от двигателя к рабочим механизмам передается, как правило, гидрообъемными приводами, состоящими из регулируемых и нерегулируемых аксиально-плунжерных гидроагрегатов, техническое состояние которых напрямую влияет на работоспособность техники в целом.

Анализ работоспособности и долговечности регулируемых аксиально-плунжерных гидроагрегатов показал [1], что с начала эксплуатации и до ремонта доля их отказов составляет около 20 % от общего числа отказов машин.

К тому же, согласно данным, приведенным в [1], наработка регулируемых аксиально-плунжерных гидроагрегатов до отказа должна составлять тысячу часов работы при номинальных режимах, а 90 % ресурс агрегата должен соответствовать одному из условий: на номинальном режиме работы – 3 500 часов или при рабочем давлении 16 МПа – 6 000 часов.

По данным научно-технических источников, ресурс отремонтированных регулируемых аксиально-плунжерных гидроагрегатов серии 313.3 в условиях реальной эксплуатации не превышает 60 % от ресурса нового изделия. Согласно проведенным исследованиям [1, 4] из 150 единиц техники, находящейся в эксплуатации на сельскохозяйственном предприятии, на долю отказов машин с аксиально-плунжерными гидроагрегатами с наклонным блоком приходилось 38 отказов или 18,7% отказов при средней продолжительности простоя около 52 часов по причине устранения отказа. При этом по причине устранения остальных отказов средняя продолжительность простоев не превышает 35 часов.

Как показали наблюдения за мобильными энергетическими средствами, оснащенными аксиально-плунжерными регулируемыми гидроагрегатами, проведенное в [1, 4], на долю аксиально-поршневых гидроагрегатов пришлось 102 отказа или около 20%, причем на долю отказов по причине изнашивания распределительной пары пришлось 40%, поршневых пар 24,5%, пары «поршень - шатун - вал» – 12%.

Оценить техническое состояние основных агрегатов гидропривода мобильных энергосредств возможно по полному КПД.

Полный КПД – производство механического, гидравлического и объемного КПД. Снижение механического КПД – несущественно, что подтверждают данные расчетов, приведенных, например, в [1].

Гидравлический КПД снижается только по причинам уменьшения проходных сечений трубопроводов и каналов в результате их деформации или облитерации, а также при увеличении вязкости рабочей жидкости.

Объемные энергетические потери, как показывает практический опыт и результаты многочисленных исследований, являются основным критерием отказа гидронасосов и гидромоторов. Поэтому объемный КПД принят повсеместно в качестве основного диагностического параметра [2, 3].

$$\eta_o = \frac{Q_t - q_{ут}}{Q_t} = 1 - \frac{q_{ут}}{Q_t} = 1 - \frac{q_{ут}}{V_o n}, \quad (1)$$

где  $Q_t$  – теоретическая производительность насоса;

$V_o$  – рабочий объем насоса (мотора);

$n$  – частота вращения вала насоса (мотора);

$q_{ут}$  – утечки жидкости в насосе (моторе).

При оценке технического состояния насоса (мотора) его нагружают до номинальных параметров ( $n = n_n = const$ ,  $V_o = V_{max} = const$ ). Тогда, исходя из зависимости 3, объемный КПД зависит от размера утечек жидкости.

Для определения значения утечек жидкости многие авторы [1, 3, 4] допускают следующее. В связи с тем, что в агрегатах и узлах гидропривода мобильных энергетических средств большинство подвижных соединений, разделяющих полости с высоким и низким давлением, выполнено в виде щелевых уплотнений прецизионного исполнения, в качестве модели расхода утечек обычно принимают закон Пуазейля (2):

$$q_{ут} = \frac{h^3 b \Delta p}{12 \mu l}, \quad (2)$$

где  $h$  – высота зазора;

$b$  – ширина зазора в направлении, перпендикулярном к направлению движения потока через зазор;

$l$  – длина зазора вдоль направления потока;

$\mu$  – коэффициент динамической вязкости рабочей жидкости;

$\Delta p$  – перепад давления.

Однако этот закон и его разновидности не позволяют рассчитать расход утечек из сложного узла [1 – 4], например насоса, так как здесь истечение происходит одновременно из нескольких зазоров с разными параметрами  $\Delta p$  и даже  $\mu$ . Долю участия каждого из этих зазоров в объединённом потоке утечек, как правило, выделить не удастся. К тому же в реальных конструкциях узлов зазоры не являются постоянными по высоте, окружности, длине и взаимному положению деталей соединения из-за погрешностей изготовления и неравномерности износа деталей.

Тем не менее, многие авторы [4, 5] допускают использование уравнений 4 и 5, вводя параметры некоторого эквивалентного зазора, который является обобщающей характеристикой герметичности рассматриваемого узла. Приняв это допущение, можно сделать следующий вывод, что расход утечек в контурах гидропривода и гидроприводе в целом прямо пропорционален перепаду давления

рабочей жидкости. При этом расход утечек можно определить исходя из математического ожидания  $M_p$  перепада давления [4]:

$$M_p = \frac{1}{t_i} \int_0^{t_i} \frac{d\Delta p}{dt}, \quad (3)$$

где  $t_i$  – длительность  $i$ -ой диагностики.

Практическое использование уравнения 6 дает возможность считать, что расход утечек прямо пропорционален усредненному перепаду давления в соответствующем контуре. Прямолинейная зависимость расхода утечек и объемного КПД от давления у аксиально-поршневых насосов показана также в [6]. Аналогичные зависимости для гидронасосов и гидромоторов приведены в [5]. Это подтверждает обоснованность принятого допущения.

Исходя из вышеперечисленного для диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии, возможно, применять такой показатель как падение давления в контуре, применяя разработанную авторами схему диагностирования, которая описана в [7, 8].

При этом зависимость 2 следует усовершенствовать для статического метода определения объемного КПД введя два коэффициента

$$q_{\text{ут}} = k \cdot a \cdot \frac{\Delta p}{12\mu}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент пропорциональности, показывающий зависимость эквивалентного зазора от перепада давления в контуре гидроагрегата;

$a$  – статический коэффициент, показывающий степень влияние частоты вращения вала гидроагрегата на внутренние перетечки.

Причем коэффициенты  $a$  и  $k$  для данной диагностической схемы необходимо определить экспериментальным путем.

В результате преобразований зависимостей 1 – 4 получим формулу

$$\eta_o = 1 - \frac{t_i \cdot k \cdot a \cdot \Delta p}{12\mu V_o}, \quad (5)$$

Зависимость 5 позволит оценить техническое состояние агрегатов гидропривода мобильных технических средств по падению давления в контуре.

**Заключение.** 1 Расход утечек в контурах гидропривода и гидропривода в целом прямо пропорционален перепаду давления рабочей жидкости [1, 4].

2. Для диагностирования агрегатов гидростатической трансмиссии, возможно, применять такой показатель как падение давления в контуре, применяя схему диагностирования, описанную в [7, 8]. При этом зависимость 4 следует усовершенствовать для статического метода определения объемного КПД.

Список использованной литературы

1. Сенин, А.П. Технология ремонта регулируемых аксиально-поршневых гидромашин восстановлением ресурсолимитирующих соединений дис. канд. техн. наук. Саранск, ФГБОУВПО МГУ им. Н.П. Огарева, 2012. – 242 с.

2. Тимошенко, В.Я. Диагностирование гидростатических трансмиссий / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Е.С. Некрашевич // Агропанорама. – 2009. – № 1. – С. 44–48.

3. Столяров, А.В. Повышение долговечности аксиально-поршневого гидронасоса с наклонным блоком восстановлением и упрочнением изношенных поверхностей деталей: автореф. дис. канд. техн. наук. Саранск, МГУ им. Н.П. Огарева, 2009. – 18 с.

4. Алексеенко, А.П. Совершенствование технологии диагностирования гидропривода одноковшовых строительных экскаваторов по объемному коэффициенту полезного действия: дис. канд. техн. наук. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2001. – 180 с.

5. Багин, С.Б. Об оценке предельных значений диагностических параметров гидропривода экскаватора // Труды ин-та ВНИИстройдормаш, вып. 110. М.: 1987. – С64-68.

6. Васильченко, В.А. Гидравлическое оборудование мобильных машин. М.: Машиностроение, 1983. – 302 с.

7. Жданко, Д.А. Оценка технического состояния агрегатов гидростатической трансмиссии по значению объемного КПД / Д.А. Жданко, Д.И. Сушко, И.В. Загородских // Агропанорама. – 2015. - №2. – С. 5-9.

8. Тимошенко, В.Я. Предремонтное диагностирование агрегатов гидростатической трансмиссии / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, А.В. Новиков, Д.И. Сушко, И.В. Загородских // Изобретатель. – 2014. - №3. – С. 42-44.

**Astract.** The purpose of the work is to develop a methodology for assessing the technical condition of hydraulic power units for mobile power equipment, to increase the functional reliability and efficiency of maintenance, to prevent failures when operating a hydraulic drive and to ensure the prediction of the residual life of aggregates at specified operating intervals.

УДК 338.43.631.371

**Грунтович Н.В.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;  
**Кирдищев Д.В.**<sup>2</sup>, инженер

<sup>1</sup>*УО «Гомельский государственный технический университет имени  
П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Брянский государственный аграрный университет,  
Российская Федерация*

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО СПЕКТРАМ ВИБРАЦИИ КОРПУСА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ, БЕЗОТКАЗНОСТИ И ЭКОНОМИЧНОСТИ**

В Республике Беларусь за последние 5 лет машинно-тракторный парк сельскохозяйственных предприятий сократился на 30-45%. Кроме того, около 80% техники эксплуатируется сверх срока. Удельный расход топлива повысился на 10-15% по сравнению с нормативным. Затраты на эксплуатацию составляют 35-45% от себестоимости продукции, тогда как в 90-е годы они были на уровне 20-30%. Ежегодно требуется обновлять не менее 10% тракторов, 12% уборочной техники, 10% других агрегатов и механизмов [1].

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства, видно, что, трактора, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации

В таблице 1 приведена статистика по снижению экономичности дизелей сельскохозяйственной техники в результате износа топливной аппаратуры (ТА)[1].

Следует отметить, что сложная ситуация сложилась и в сельхозпредприятиях России [2]. Уровень механизации сельского хозяйства в России ниже, чем в других странах. Если в России на 100 га посевных площадей в 2011 г. мощность тракторных двигателей составила 56 л.с., то в Великобритании - 148, США - 156, Франции - 273, Германии - 397. Количество зерноуборочных комбайнов на 1000 га посевов за тот же год составило: Россия - 3, Великобритания - 14, США - 15, Франция - 16, Германия - 25 единиц, при этом парк сельхозтехники в России изношен на 70%. Возрастной состав

тракторов может быть представлен: эксплуатация до 3 лет - 8%, от 3-10 лет - 19%, свыше 10 лет - 73%; зерноуборочных комбайнов соответственно – 13%, 28%, 59%. Происходит ежедневное сокращение парка тракторов в среднем на 7 %, зерноуборочных комбайнов - на 8 %. Ежегодные расходы на запасные части и ремонт оцениваются в 25 млрд. руб. (в ценах 2011 г.).

Таблица 1 - Влияние неисправностей двигателя на потери топлива

Виды неисправности	Снижение показателей, %	Потери топлива, кг/год		
		«Беларус» 800/820	«Беларус 1221»	«Беларус 2522»
Неисправность одной форсунки	топлива - 15-20%	2000	3300	6100
Уменьшение угла опережения топлива	5%/град	700	900	1700
Износ плунжерных пар топливного насоса	15-20%	2000	3300	6100

Последние 10 лет учеными России уделяется большое внимание экономическому росту и модернизации производства в сельском хозяйстве [2]. Рассматривая экономические показатели отмечается, что энергоёмкость в России превышает энергоёмкость в Японии в 3,5 раза, а в Германии – 3 раза. Совокупные энергетические затраты на производство 1 т условной зерновой единицы в России в сравнение с США выше более чем в пять раз. К 2000 г. темпы роста цен от продажи сельскохозяйственной продукции в 7,5 раза отставали от темпов роста цен на приобретаемые товары и услуги. В 2012 г при покупке одного трактора сельхозорганизации отдали почти в три раза больше зерна, чем в 2000 г. За один центнер минеральных удобрений больше в 6,7 раза. Все это значительно усложнило проблему модернизации техники в сельхозорганизациях.

При этом следует отметить, что оптимальный срок службы трактора составляет 6-7 лет, после чего затраты на его эксплуатацию резко увеличиваются (требуется больше запчастей, увеличивается расход горючего, может снижаться сезонная выработка).

По этой причине, весьма актуальным является решение задач повышения долговечности и безотказности сельскохозяйственной техники на основе компьютерных технологий и технической диагностики.

Анализируя состояние эксплуатации техники в предприятиях аграрного производства, видно, что, трактора, сельскохозяйственные машины в хозяйствах эксплуатируются на несоответствующем уровне, что приводит их к снижению эффективности эксплуатации.

Как считают авторы [2], в зависимости от типа дизеля, годовые потери топлива могут составить: неисправность одной форсунки - 2000÷6000 кг; износ обратного клапана топливного насоса - 3900÷10800 кг; износ плунжерных пар топливного насоса - 2000÷6110 кг.

Так как у сельхозпроизводителей недостаточно финансовых средств, то пути выхода из сложившегося положения могут быть следующие:

- продление срока службы машин за счет капитального ремонта на основе комплексного технического диагностирования;
- приобретение новой техники на условиях долгосрочной аренды.

Актуальным является решение задач повышения долговечности и безотказности сельскохозяйственной техники *на основе компьютерных технологий и технической диагностики.*

*Авторы видят следующие основные направления вибродиагностике применительно к сельскохозяйственной технике:*

- ✓ *техническое диагностирование топливных форсунок;*
- ✓ *техническое диагностирование подшипников качения коробки передач;*
- ✓ *техническое диагностирование подшипников коленчатого вала.*

Рассмотрим указанные аспекты подробнее.

### ***1. Техническое диагностирование топливных форсунок.***

В тракторных и комбайновых дизелях применяются закрытые форсунки с многодырчатými распылителями различного конструктивного исполнения [2] (рисунок 1).

Запорная игла прижимается к седлу распылителя через штангу 2 пружиной 9. Верхний конец пружины опирается на регулировочный винт 4, который ввернут в стакан пружины, и удерживается в заданном положении контргайкой 10. На стакан сверху навернут колпак 5, служащий для отвода топлива из внутренней полости форсунки и ограничивающий доступ к регулировочному винту. Винтом 6 устанавливают натяг пружины 9, определяющий давле-

ние впрыска. Топливо к форсунке подводится через штуцер 3, который ввернут в резьбовое отверстие корпуса форсунки.

Топливо в кольцевую камеру подается по наклонному каналу. Когда нет подачи топлива насосом, давление в камере составляет 2.4 МПа. Оно давит на дифференциальную площадку иглы, но его сила меньше силы пружины 9, которая перекрывает распыливающие отверстия. При поступлении топлива от насоса в форсунку (импульс «а» рисунок 2) сила давления топлива на дифференциальную площадку и углы становится больше усилий пружины (9), игла поднимается, ударяясь о корпус форсунки (импульс «б», рисунок 2). Через образовавшуюся кольцевую щель и распыливающее отверстие (импульс «с», рисунок 2) топливо поступает в камеру сгорания.

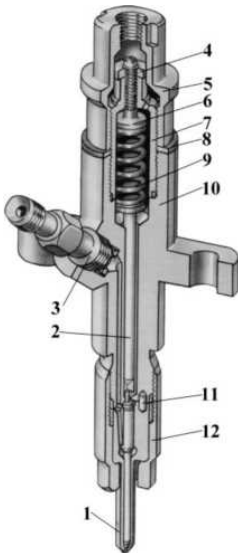


Рисунок 1 – Устройство форсунки: 1 - распылитель; 2 - штанга; 3 - штуцер подвода топлива; 4- контргайка; 5 -колпак форсунки; 6 - регулировочный винт; 7 - гайка пружины; 8 - прокладка; 9 - пружина; 10 - корпус форсунки; 11 -штифты; 12 - гайка распылителя.

Подъем иглы ограничен упором ее торца в корпус форсунки и составляет 0,2-0,28 мм. После прекращения подачи топлива насосом давление в кольцевой камере резко снижается и под действием пружины 9 игла прижмется запорным конусом к седлу распылителя (импульс «д» рис.2.), перекрывая распыливающие отверстия. Топливо, просачивающееся через зазор между иглой и распылите-

лем, отводится через отверстие в колпаке 5 и сливной штуцер в топливный бак или фильтр тонкой очистки.

Как следует из рисунка 2 износ пружин в форсунках 2 и 4 одного и того же дизеля - разный (импульс «в» и «д») и уровень закоксованности иглы тоже разный (импульс «д»). Это приводит к разной подаче топлива в камеру сгорания. Разность амплитуд вибрации в диапазоне частот 440-480 Гц составляет порядка 25 дБ. В метрической системе измерений эта разность будет отличаться в 16 раз. Чем больше подача топлива, тем больше шум и вибрация.

Прекращение (отсечка) подачи топлива должно быть резким, без повторного подъема иглы, в противном случае в конце впрыскивания топливо образует у выходных отверстий распылителя капли, которые, сгорая не полностью, вызывают его закоксовывание.

Работа дизельных двигателей неразрывно связана с эффектом вибраций, интенсивность и характер которых, проявляются разным образом в зависимости от технического состояния оборудования. Получить полную информацию о техническом состоянии без вывода оборудования из рабочего режима, т.е. без демонтажа или без разборки можно анализируя вибрации. Периодически проводя такой анализ можно прогнозировать остаточный рабочий ресурс форсунок задолго до выхода оборудования из строя.

Диагностический комплекс для измерения вибрации дизельных двигателей.

В состав диагностического комплекса входит:

- Вибродатчик ускорения (тип АР-1040 с диапазоном измерения 5-5000Гц или 5-20000 Гц);
- Многофункциональный сборщик данных МСД-2010;
- Персональный компьютер с программой обработки данных.

Многофункциональный сборщик данных МСД-2010 предназначен для аналого-цифрового преобразования выходных сигналов датчиков, которые представляют собой электрический заряд, напряжение или ток, временного сохранения полученных данных в буферном ОЗУ и передачи их в ПЭВМ для дальнейшей обработки.

МСД позволяет подключать 6 импульсных датчиков, имеющих выход типа «открытый коллектор» (два канала с усилителем заряда, два канала усилителя напряжения, один канал усилитель тока, один канал измерения оборотов), и измерять период следования их выходных импульсов. Связь с компьютером осуществляется по интерфейсу RS-232 [7].

*Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

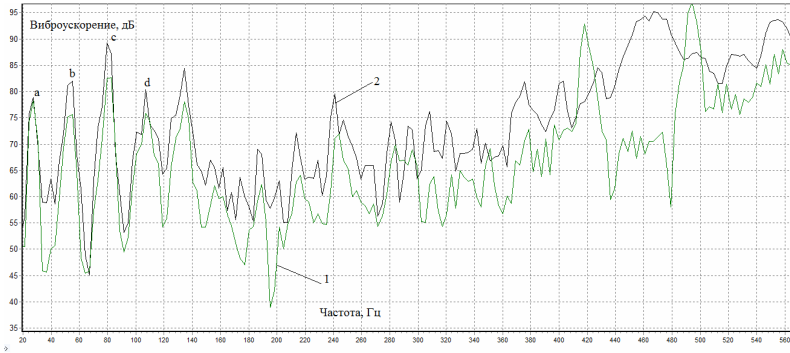


Рисунок 2 – Спектр вибрации дизельных форсунок Д-240 на 700об/мин 300 мото-часов (зеленая кривая(1) - вторая форсунка; черная кривая (2) - четвертая форсунка). Амплитуды вибрации форсунок: а-поступление топлива в полость форсунки; б-подъем иглы; с- впрыск топлива в камеру сгорания; d-опускание иглы

МСД работает под управлением ПЭВМ на напряжении 220В в сети переменного тока и 9–18 В в сети постоянного тока с потребляемой мощностью не более 5 Вт, и может использоваться как отдельно, так и в составе измерительно-информационной системы при экспериментальном исследовании протекания различных процессов или контроле технического состояния различных машин и механизмов, а также промышленного оборудования.

Компьютерная программа позволяет представить результаты измерения в метрической системе ( $\text{м/с}^2$ ) и в относительных единицах дБ. Для определения частот вибрации используется преобразование Фурье.

По требованиям к электробезопасности МСД удовлетворяет классу защиты 0I в соответствии с ГОСТ 12.2.007–75.

Вибродатчик с помощью магнита крепится на место измерения виброакустического сигнала. В том случае, когда из-за плохого доступа закрепить магнит нельзя, к вибродатчику крепится стальной штырь длиной 10–20 см. В этом случае рукой прижимают штырь с датчиком к месту измерения сигнала вибрации. Предварительно необходимо определить величину возможной погрешности при измерении вибрации через штырь. Для этого в одной и той же реперной точке измеряют вибрацию при креплении датчика с помощью магнита и штыря.

Сигнал с вибродатчика ускорения через усилитель заряда сборщика поступает на соответствующий порт компьютера. В компьютере имеется две программы. С помощью первой программы измеренный сигнал записывается в соответствующий файл. Вторая программа после обработки способом Фурье позволяет измеренный сигнал представить в частотном диапазоне 2-5000 Гц. Это дает возможность оценить уровень белого шума и выделить дискретные частоты вибрации с определением уровня вибрации на соответствующих частотах.

*Достоинством данного способа является низкая стоимость оборудования, простота использования, высокая точность диагностирования, мобильность и автономность оборудования (рисунок 3).*



Рисунок 3 – Инженер Кирдишев Д.В. производит измерение вибрации на форсунках дизельного двигателя Д-243

Определение технического состояния форсунок производится при помощи диагностической модели. Любая диагностическая модель должна отражать изменение диагностических параметров при изменении технического состояния диагностируемого объекта или, как правило, отдельного узла этого объекта. Следовательно, диаг-

ностические параметры должны в меньшей мере изменяться под воздействием различных помех. В данном случае датчик виброускорения (диапазон частот 5 -5000 Гц) устанавливается на форсунку работающего дизеля. Все физические процессы, которые происходят в форсунке во время работы регистрируются вибродатчиком и передаются в компьютер. Было обследовано более 10 дизельных двигателей с разными ресурсами: новые трактора и трактора с временем наработки более 8000 часов.

Проведенные исследования показали, что уровень вибрации на частоте 27 Гц (700 об/мин) и 48 Гц (2000 об/мин) характеризует техническое состояние топливного насоса.

Уровень вибрации на частоте 48 Гц (700 об/мин) и 67 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины форсунки, при перемещении иглы вверх, заплечико иглы ударяет в торец корпуса форсунки.

Величина вибрации форсунки на частоте 88 Гц (700 об/мин), 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц (2000 об/мин) зависит от технического состояния форсунки, в первую очередь от закоксованности соплового отверстия распылителя.

Амплитуда вибрации на частотах 85 Гц, 100 Гц и 115 Гц на 2000 об/мин характеризует впрыск топлива через сопловые отверстия. Такое впрыскивание называется дробящим [3]. При этом колебательное движение иглы не обязательно должно сопровождаться посадкой ее на конус. Наличие дробящего впрыскивания является показателем подвижности иглы форсунок.

Дробящее впрыскивание возможно при работе дизеля на низких скоростных режимах, однако способность к нему у форсунок изменяется в зависимости от конструктивных и регулировочных параметров, в частности, она снижается у бывших в эксплуатации форсунок в результате изнашивания запирающих конусов и уменьшения разности их углов. Неустойчивые режимы работы наблюдаются также у штифтовых форсунок [3].

Численное значение вибрации на частоте 119 Гц (700 об/мин) и 131 Гц (2000 об/мин) зависит от упругости пружины, а также от износа посадочного конуса иглы. Эта вибрация возникает при опускании иглы в посадочный конус.

При построении диагностической модели на каждой информативной частоте для различных двигателей определяем максимальное

и минимальное значение вибрации. Полученные точки соединяем огибающей. По оси абсцисс откладывается численное значение информативных частот вибрации (без масштаба), а по оси ординат – уровень виброускорения (дБ).

Например, для форсунок дизеля Д-240 и Д-243 при 700-720 об/мин определены следующие информативные частоты:

26-28 Гц - поступление топлива в форсунку. В зависимости от технического состояния топливного насоса вибрация может изменяться в пределах 63-87 дБ;

47-49 Гц - износ пружины форсунки. В зависимости от степени износа уровень вибрации может изменяться в диапазоне 67-90 дБ;

87-89 Гц - определяет уровень закоксованности сопловых отверстий распылителя. Уровень вибрации измеряется в пределах 66-89 дБ;

114-116 Гц - износ пружины и посадочного корпуса иглы. Уровень вибрации изменяется в пределах 60-80 дБ.

По изменению частотного спектра и уровня вибрации белого шума и на дискретных частотах возможно в диапазоне 1000 -5000 Гц оценить износ кулачка распределительного вала, зазор в сопряжении «клапан-гнездо», упругость пружины.

## ***2. Техническое диагностирование подшипников качения коробки передач***

Для вибродиагностирования подшипников качения перед установкой на агрегаты тракторов разработан испытательный стенд (рисунок 4-5). Стенд состоит из станины, асинхронного электродвигателя, корпуса подшипника скольжения, который крепится болтами к станине. Вращение от двигателя на вал подшипника скольжения передается ременной передачей (рис.4). На вал подшипника скольжения насаживаются оправки для каждого типоразмера подшипника качения (рисунок 5). Внутреннее кольцо подшипника качения зажимается специальными дисками с гайкой. Наружное кольцо зажимается двумя рычагами. На стенде можно создавать радиальную и осевую нагрузку на подшипник качения. На наружное кольцо при помощи магнита крепится вибродатчик ускорения (5-5000 Гц или 5-20000 Гц). Сигнал с вибродатчика ускорения через усилитель заряда и согласующее устройство передается в компьютер. На стенде можно устанавливать однофазный или трех-

фазный асинхронный двигатель (в зависимости от места проведения эксперимента).



Рисунок 4 – Общий вид стэнда для диагностики подшипников качения

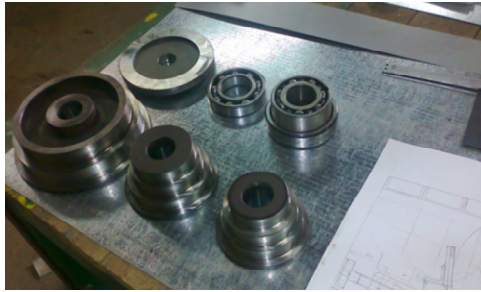


Рисунок 5 – Оправки для диагностирования различных типоразмеров подшипников качения

Для диагностирования подшипников качения на диагностическом стэнде была сформирована случайная выборка подшипников, предоставленных предприятиями. Всего была выполнена диагностика 65 подшипников качения различных типоразмеров и производителей. В таблице 2 представлены результаты диагностирования в диапазоне 5 - 500 Гц и 500-5000 Гц и представлены сведения о пригодности подшипников к эксплуатации. В диапазоне от 5 до 500 Гц из 65 подшипников годными к дальнейшей эксплуатации оказались 43 подшипника (69,4% от выборки), признаны негодными - 14 подшипников (22,6%), условно годными оказалось 5 подшипников (8% всей выборки).

В диапазоне от 600 до 5000 Гц из 65 подшипников годными к дальнейшей эксплуатации оказалось 30 подшипников (69,4% от выборки), признаны негодными - 29 подшипников (46,8%), условно годными оказалось 3 подшипника (4,8 % всей выборки).

Техническое состояние подшипников является важнейшей составляющей, определяющей работоспособность механизма в целом. Различают заводские и эксплуатационные дефекты подшипников качения [4]. К эксплуатационным дефектам относятся: бриллирование (наклеп); электротехническая эрозия; некруглость тел качения; овальность внутреннего кольца; трехвыпуклость

внутреннего кольца; неравномерность зазоров между телами качения и кольцами (разные диаметры тел качения); повышенная волнистость колец; раковины на кольцах и телах качения; перекосяк внутреннего кольца; перекосяк наружного кольца; трещины на внутреннем кольце; износ сепаратора; неоднородный радиальный натяг; износ тел качения; загрязнение смазки.

К заводским дефектам подшипников качения следует отнести: некруглость тел качения; овальность внутреннего кольца; трехвыпуклость внутреннего кольца; неравномерность зазоров между телами качения и кольцами (разные диаметры тел качения); повышенная волнистость колец; раковины на кольцах и телах качения.

По моему мнению, здесь две основные причины: износ станочного оборудования на подшипниковых заводах, а в некоторых случаях, это низкое качество подшипниковой стали.

На рисунке 6 представлены спектры вибрации новых подшипников. Результаты вибродиагностирования показали, что подшипник Минского подшипникового завода не годен к эксплуатации.

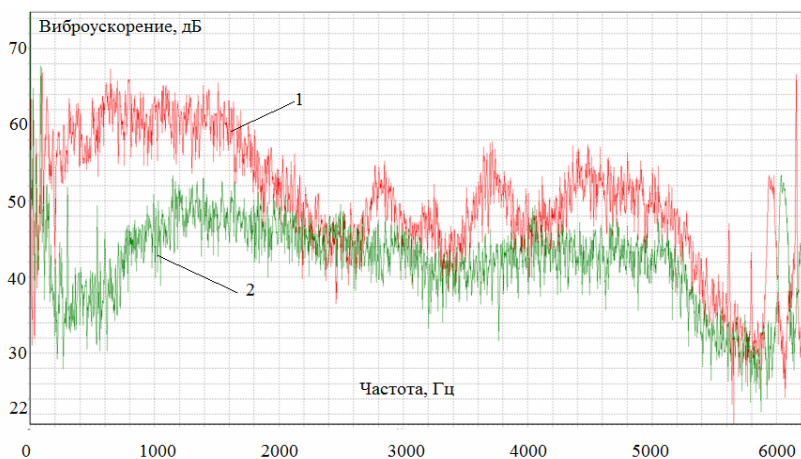


Рисунок 6 – Спектр вибрации подшипников качения:

1 - подшипник 310 производства завода в Минске;

2 - подшипник 210 производства фирмы SKF

*Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

Таблица 2 – Оценка качества подшипников качения по результатам технического диагностирования в зависимости от заданной уставки вибрации

№п/п	Тип подшипника качения	Изготовитель	Порядковый номер по типу	Значение уставки 2,8 мм/с; 76 Дб	
				0-500 Гц	600-5000 Гц
1	2	3	4	5	6
1	46307	ГПЗ	№1	годен	годен
2	46307	ГПЗ	№2	годен	годен
3	207	MPZ	№1	годен	годен
4	207	MPZ	№2	годен	годен
5	310	MPZ	№1	годен	годен
6	310	MPZ	№1	годен	годен
7	50410	MPZ	№1	негоден	негоден
8	50410	MPZ	№2	негоден	негоден
9	314	MPZ	№1	годен	годен
10	314	MPZ	№2	годен	годен
11	22218	MPZ	№1-1P	годен	годен
12	22218	MPZ	№1-2P	годен	годен
13	22218	MPZ	№2-1P	годен	годен
14	22218	MPZ	№2-2P	годен	годен
15	22213	MPZ	№1-1P	негоден	негоден
16	22213	MPZ	№1-2P	негоден	негоден
17	6311С3	FAG	№1	годен	негоден
18	1611	ГПЗ	№1	годен	негоден
19	1611	ГПЗ	№2	годен	негоден
20	180606	ГПЗ23	№1	годен	годен
21	180606	ГПЗ23	№2	годен	годен
22	180606	ГПЗ23	№3	годен	годен
23	180606	ГПЗ23	№4	годен	годен
24	180606	ГПЗ23	№5	годен	годен
25	3308	SKF	№1	годен	годен
26	310	SKF	№1	годен	годен
27	310	SKF	№2	годен	годен
28	46318	СПЗ4	№1	годен	негоден
29	46318	СПЗ4	№2	условно годен	негоден
30	6316	FAG	№1	годен	годен
31	50207	Украина	№1	годен	годен
32	50207	Украина	№1	годен	годен
33	46309	ГПЗ23	№1	годен	негоден
34	46309	ГПЗ23	№2	годен	негоден
35	46309	ГПЗ23	№3	годен	негоден

Окончание таблицы 2

1	2	3	4	5	6
36	46309	ГП323	№4	годен	негоден
37	313	СП-33-4	1	негоден	негоден
.....	.....	.....	.....	.....	.....
64	226	5ГПЗ	1	негоден	негоден
65	7614А	ООО ГПЗ	1	негоден	негоден
<b>Итого</b>					
			<b>Годен</b>	<b>43 (69,4%)</b>	<b>30(48,4%)</b>
			<b>Негоден</b>	<b>14(22,6%)</b>	<b>29(46,8%)</b>
			<b>Условно годен</b>	<b>5(8%)</b>	<b>3(4,8%)</b>

### **3. Техническое диагностирование подшипников коленчатого вала**

Физические основы работы подшипников скольжения, что в электрических машинах, что в коленчатом валу - схожие. На оборотной частоте ( $f_{об}$ ) проявляется нарушение балансировки, на  $1/2 f_{об}$  проявляется повреждение вкладыша, вызывающее нарушение работы масляного клина, на  $2 f_{об}$  повышенный зазор в подшипнике скольжения. В табл. 3 представлены результаты вибродиагностирования подшипников коленчатого вала на трех двигателях ДТА-530Е. На пересечении столбца с частотой вибрации в Гц и строки (номер цилиндра дизеля) записаны значения виброускорения в Дб. По уровню вибрации в условном дизеле №3 зазоры в подшипнике и балансировка вала - в норме. В дизеле №1 присутствует нарушение балансировки вала. В дизеле №2 балансировка вала и зазоры в подшипнике выходят за пределы нормального значения.

Таблица 3 - Результаты экспериментальных исследований вибрации подшипников коленчатого вала

Дизель и номер цилиндра	Значение виброускорения в дБ, при частоте:		
	13, 7 Гц	27,4 Гц	42 Гц
1	2	3	4
Дизель №1			
Цилиндр №1	72	64	76
Цилиндр №3	56	57	82
Цилиндр №4	59	60	83
Цилиндр №5	67	63	84

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Цилиндр №2	66	62	81
Цилиндр №6	70	64	85
Разница в вибрации, ΔА, дБ	16	7	9
Дизель №2			
Цилиндр №3	57	66	80
Цилиндр №4	61	64	78
Цилиндр №6	65	55	75
Разница в вибрации, ΔА, дБ	18	19	15
Дизель №3			
Цилиндр №3	52	60	82
Цилиндр №4	52	62	80
Цилиндр №5	56	62	82
Цилиндр №6	59	63	82
Разница в вибрации, ΔА, дБ	7	3	2

**Заключение.** Проведенные исследования в лабораториях, ремонтных мастерских и полевых условиях показали эффективность вибродиагностирования дизельных двигателей.

Наиболее полно разработана теория и практика по вибродиагностированию топливной аппаратуры трактора «Беларус» и подшипников качения.

На диагностическом стенде можно определить основные дефекты, влияющие на срок службы подшипников качения.

Более 20 различных фирм поставляют подшипники качения на предприятия Беларуси. Более 45% поставляемых подшипников низкого качества.

Предварительные исследования в ремонтных мастерских показали, что по амплитудно-частотному спектру вибрации можно определить уровень износа узлов в полевых условиях, а также качество ремонта дизельного двигателя (топливной аппаратуры, подшипников коленчатого вала).

Для повышения достоверности диагностирования целесообразно продолжить исследования в полевых условиях, в ремонтных мастерских, а также разработать специальные лабораторные стенды.

Необходимо разработать восьмиканальный компьютерный диагностический прибор с одновременной регистрацией и обработкой сигналов восьми каналов (усовершенствованная версия существующего двухканального компьютерного диагностического прибора), что повысит достоверность диагностирования.

#### Список использованной литературы

1. Диагностика и техническое обслуживание машин: учебник /А.В. Новиков и др./ под ред. А.В.Новикова – Минск: ИВЦ Минфина, 2013. - 340с.

2.Панин А.В. Экономический рост в сельском хозяйстве на основе модернизации производства: монография.- Москва: Проспект, 2016.-240с.

3. Н.В. Грунтович. Техническое диагностирование дизелей сельскохозяйственной техники. Материалы VIII НТК «Проблемы энергообеспечения, информатизации и автоматизации, безопасности и природопользования в АПК», Брянская сельскохозяйственная академия, г. Брянск, 2014 г. с. 85-88.

4. Грунтович Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования. Учебное пособие. Мн. «Новое знание»; М.: ИНФРА-М, 2012 г. – 271 с. (Высшее образование: Бакалавриат).

5. Грунтович Н.В., Петров И.В., Кирдищев Д.В. Гипоциклоида частоты вибрации подшипников качения. Тезисы докладов 3-ой Международная конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах», Тамбовский государственный технический университет, 25-27 апреля 2016 г./Министерство образования и науки Российской Федерации; Т.И. Чернышова, отв. ред. –Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2016, с 288-289

6. Н.В. Грунтович, Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливных форсунок на работающем двигателе. Агротехника и энергообеспечение. 2016. Т. 2. № 4(13). С. 47-55.

7. Н.В. Грунтович, Кирдищев Д.В. Вибродиагностирование топливного насоса высокого давления на работающем двигателе. Тезисы докладов IV-ой Международной конференции с элементами научной школы «Актуальные проблемы энергосбережения и энергоэффективности в технических системах», Тамбовский государственный технический университет, 10-12 июля 2017 г. / Министерство

образования и науки Российской Федерации; Российский фонд фундаментальных исследований; ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Т.И. Чернышова, отв. ред. –Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2017, с 396-397.

8. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В., Попов В.Б. Разработка диагностической модели дизельных форсунок по результатам вибродиагностирования. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2017. № 2 (69). С. 18-24.

9. Грунтович Н.В., Кирдищев Д.В. Техническое диагностирование форсунок дизелей во время их работы. Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 22-24 ноября 2017 г.) /редкол. :В.П. Чеботарев и др.- Минск: БГАТУ, 2017.-660с.-ISBN 978-985-519-869-8, с.457-460.

УДК 621.43.001.4

**Тимошенко В.Я.**, кандидат технических наук;

**Жданко Д.А.**, кандидат технических наук;

**Нагорный А.В.**, старший преподаватель;

**Чирич А.В.**, старший преподаватель;

**Дубель С.Г.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ТРАКТОРОВ**

***Аннотация.** Изложены предложения по измерению эффективной мощности тракторов сельскохозяйственных предприятий во время их ежегодного технического осмотра с помощью передвижной тормозной гидравлической установки и приведены основные её параметры.*

Годовая нормативная загрузка отечественных тракторов составляет 1000 часов работы в год [1]. Планово-предупредительной системой технического обслуживания машин в сельском хозяйстве [2]

установлена периодичность технического обслуживания №3 (ТО-3) в 1000 мото-часов. Ввиду того, что на современных тракторах не устанавливаются счетчики мото-часов, то завод-изготовитель (ПО МТЗ) рекомендует периодичность ТО измерять в астрономических часах. Во избежание использования тракторов и самоходных машин с неисправными двигателями, которое влечет безвозвратные потери топлива, системой ТО при проведении ТО-3 (т.е. один раз в год) предусматривается измерять мощность двигателя и удельный расход топлива.

Авторам представляется целесообразным перед проведением техосмотра тракторов проводить ТО-3 с измерение эффективной мощности двигателя для оценки его технического состояния и предупреждения безвозвратных потерь топлива.

Для измерения максимального (номинального) значения расхода топлива необходимо установить полную подачу топлива и загрузить двигатель до номинальной частоты вращения коленчатого вала.

Основными показателями эффективности использования тракторов являются их производительность в составе машинно-тракторных агрегатов (МТА) и гектарный расход топлива, которые на прямую зависят от технического состояния двигателей, обобщенным показателем которого является их эффективная мощность.

Доказательством того, что эффективность использования трактора во многом определяется его мощностью, является выражение (1).

Если в известном выражении часовой производительности МТА ширину захвата выразить через эффективную мощность двигателя, то оно примет вид

$$W_{\text{ч}} = 0,36B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0,36 \frac{N_{\text{кр}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau = 0,36B_p \cdot N_{\text{е}} \cdot \frac{\eta_{\text{т}}}{K_{\text{уд}}} \cdot \tau, \quad (1)$$

где  $B_p$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$V_p$  – рабочая скорость движения МТА, м/с;

$K_{\text{уд}}$  – удельное тяговое сопротивление машины, кН/м;

$N_{\text{кр}}$  – тяговая мощность МТА, кВт;

$N_{\text{е}}$  – эффективная мощность двигателя, кВт;

$\eta_{\text{т}}$  – тяговый КПД агрегата.

Таким образом, эффективность использования трактора, т.е. его производительность при выполнении работы и гектарный расход топлива напрямую зависят от значения эффективной мощности дизеля.

Сегодня тормозных установок в Беларуси нет, как и в других соседних постсоветских странах. Их отсутствие объясняется высокой стоимостью и тем, что в силу больших габаритов и большого веса электрических балансирных машин, они не могут быть использованы в передвижных тормозных диагностических установках.

В 2017 году на Международной выставке сельскохозяйственного оборудования «AGRITECHNICA 2017» в г. Ганновере (Германия) демонстрировался передвижной тормозной стенд (рисунок 1) с вихретоковым тормозом.

Стоимость такого стенда превышает 120 тысяч евро, что дорого и недоступно для наших предприятий. Кроме того, вихретоковый тормоз, имея малые габариты и вес, имеет большой недостаток, заключающийся в том, что при его использовании не представляется возможным утилизировать энергию торможения.



Рисунок 1 – Передвижной тормозной стенд ZW 500 с вихретоковым тормозом

В последние годы в БГАТУ проведены исследования [3-5] по применению регулируемых аксиально-плунжерных насосов и дросселирования потока нагнетаемой ими жидкости дросселем постоянного сечения для торможения двигателей.

Разработана и экспериментально проверена методика определения параметров тормозного устройства, необходимых для ее создания [4]. При этом механическая тормозная энергия может быть преобразована в тепловую, которую представляется возможным утилизировать с помощью кожухо-трубчатого теплообменника, либо для охлаждения рабочей жидкости использовать водяные радиаторы. Измерение нагрузки на валу ДВС может осуществляться по давлению в напорной и сливной магистралях манометрами,

либо только с помощью датчика крутящего момента установленно-го на валу отбора мощности (ВОМ) трактора.

Схема стэнда (рисунок 2) предусматривает возможность соеди-нения двух или четырех гидронасосов в модуль с целью увеличе-ния тормозной мощности. Выбор насоса гидравлического тормоз-ного устройства производится по номинальным значениям его ра-бочего объема и крутящего момента.

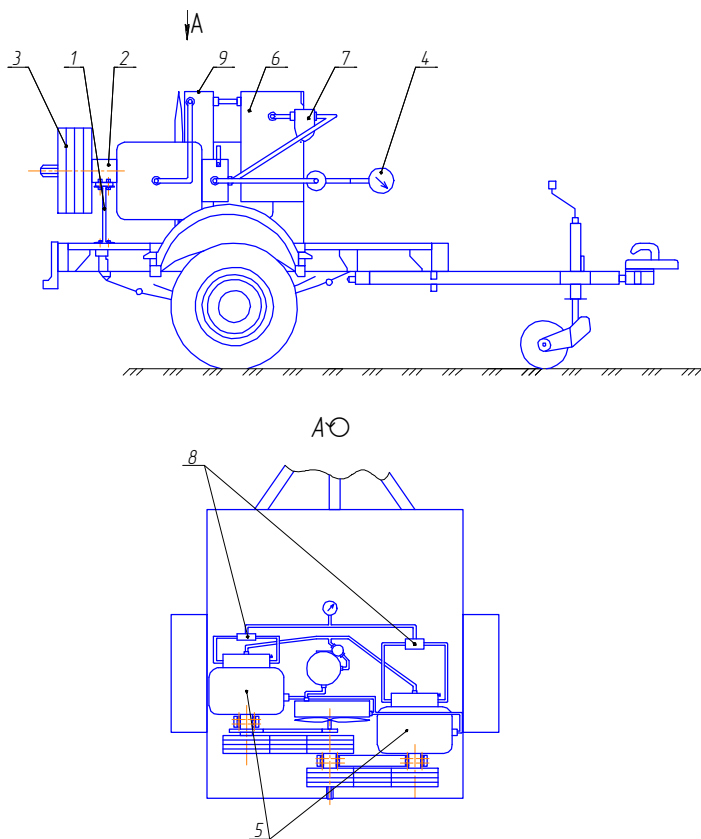


Рисунок 2 – Передвижная тормозная диагностическая установка с аксиально-плунжерными гидронасосами (вид сзади и сверху)  
1 – опора двутавровая; 2 – вал; 3 – шкив; 4 – манометр; 5 – гидравлический аксиально-плунжерный насос; 6 – гидробак; 7 – масляный фильтр; 8 – дроссель постоянного сечения; 9 – водяной радиатор

Текущее значение тормозного момента при торможении ДВС регулируемым насосом и дросселем постоянного сечения может быть определено по зависимости

$$M_n = 0,125k \frac{d^2 \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p^3(1 + \beta_T(T - T_1))}{\rho_1}}}{n}, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент взаимовлияния;

$d$  – диаметр дросселя, м;

$\beta_T$  – коэффициент объемного расширения,  $K^{-1}$ . Для минеральных масел  $\beta_T = 8 \cdot 10^{-4} K^{-1}$ ;

$\rho_1$  – плотность жидкости при температуре  $T_1$ ,  $кг/м^3$ ;

$n$  – частота вращения вала насоса,  $с^{-1}$ .

Имеющаяся доступная, недорогая элементная база позволяет создать опытный образец такого стенда и в будущем провести модернизацию обкаточно-тормозных стендов на всех мотороремонтных предприятиях, отказавшись от импорта такого оборудования.

Небольшие габариты и вес аксиально-плунжерных насосов и других комплектующих этого устройства, а также простота позволяют изготовить его в прицепном варианте, буксируемом микроавтобусом или малотоннажным грузовиком, в которых могли быть размещены различные диагностические приборы.

Сегодня на рынке имеются аксиально-плунжерные насосы НП-90 (мощностью 90 кВт (122,4 л.с.) и НП-112 мощностью 112 кВт (152,3 л.с.), которые широко применяются в гидротрансмиссиях самоходных кормо- и зерноуборочных комбайнов.

Самые мощные отечественные тракторы имеют эффективную мощность 400 л.с. для торможения которых потребуется 3 – 4 гидронасоса. Представляется возможным изготавливать такие передвижные установки в модульном варианте, используя два или четыре гидронасоса. При использовании четырех гидронасосов можно будет тормозить тракторы с эффективной мощностью более 620 л.с.

**Заключение.** 1. Значение эффективной мощности двигателя является обобщенным показателем его технического состояния, определяющего не только тяговые свойства тракторов, но и удельный расход топлива.

2. Имеющиеся на кафедре эксплуатации машинно-тракторного парка результаты применения аксиально-плунжерного насоса с дросселем постоянного сечения в качестве устройства для загрузки и торможения двигателей позволяют создать передвижной, малогабаритный с невысокой металлоемкостью тормозной стенд, которым можно оснащать районные службы Гостехнадзора.

3. Применение такого стенда позволит исключить неоправданный расход топлива при снижении эффективной мощности ниже допустимых пределов.

#### Список использованной литературы

1. Методические рекомендации по совершенствованию системы агросервисного обслуживания сельскохозяйственных товаропроизводителей в условиях инновационного развития и модернизации АПК Республики Беларусь / А.С. Сайганов [и др.]. – Минск: Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси, 2016. – 141 с.

2. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Взамен ГОСТ 20793-86 ; введ. 2012-01-01. – Минск : Госстандарт, 2011. – 23 с.

3. Тимошенко, В.Я. О необходимости разработки передвижной тормозной диагностической установки / В.Я. Тимошенко, А.В. Новиков, Д.А. Жданко, Н.Д. Янцов, И.В. Кравчук // Агропанорама. – 2012. – № 6. – С. 38-42.

4. Жданко, Д.А. Теоретическое обоснование параметров гидравлического тормозного устройства обкаточно-тормозного стенда / Д.А. Жданко // Агропанорама. – 2009. – № 3. – С. 38–42.

5. Тимошенко, В.Я. Обоснование необходимости модернизации обкаточно-тормозных стендов мотороремонтных предприятий / В.Я. Тимошенко, Д.А. Жданко, А.В. Новиков, В.Б. Ловкис, И.В. Загородских // Вестник БГСХА. – 2013. – № 2. – С. 144–149.

**Abstract.** Proposals for measuring the effective power of tractors of agricultural enterprises during their annual technical inspection using a mobile brake hydraulic plant are set forth and its main parameters are given.

УДК 621.182.233

**Томкунас Ю.И.**, кандидат технических наук, доцент;

**Чумак Т.М.**, старший преподаватель;

**Карпиевич Н.М.**, инженер;

**Жолох А.С.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ И ОРГАНИЗАЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА НА РАСХОД ТОПЛИВА**

***Аннотация.** Проведён анализ факторов, влияющих на расход топлива-смазочных материалов.*

**Введение.** Экономичность, надёжность, долговечность работы техники в значительной мере зависит от эксплуатационных свойств, качества применяемых топливо-смазочных материалов, технических и технологических жидкостей, а также от их рационального использования.

В соответствии с «Государственной программой развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 годы» [1] машинно-тракторный парк сельскохозяйственных организаций должен комплектоваться высокопроизводительными машинами. Отсюда ясно, такое большое внимание должно уделяться экономии, бережному использованию техники и смазочных материалов.

Цель работы – оценка факторов, влияющих на расход топливо-смазочных материалов и определение путей их снижения в зависимости от принятой технологии производства работ, существующей системы технического обслуживания и методов использования машинно-тракторного парка (МТП).

**Основная часть.** Повышение топливной эффективности машинно-тракторного парка – это комплекс инженерных и организационных работ по определению их реализации факторов достижения наивысшей их экономии при эксплуатации машинно-тракторного парка и возделывании сельскохозяйственных культур.

Факторы, определяющие уровень использования топливно-энергетических ресурсов можно объединить в следующие группы.

Первая группа - факторы, определяемые собственно т.е. конструктивные параметры и качество изготовления, топливная экономичность, техническое состояние, надежность и т.д.

Вторая группа – организационно-технические факторы: организация обслуживания машинно-тракторного парка (МТП), управление использования техники, организация нефтехозяйства, квалификация специалистов, оснащённость машинами. Наиболее актуальным в настоящее время является повышение качества технического обслуживания, широкое внедрение средств диагностики, тщательное выполнение технологических и иных регулировок. Значительным резервом экономии топлива является ликвидация потерь при транспортировке, хранении и заправке.

Третья группа – организационно-экономические факторы: формы использования техники, учёт и нормирование потребления топлива и объёма механизированных работ, создание четкой системы учёта расходования топливно-энергетических ресурсов и поощрении за их экономию и ряда других мероприятий.

Четвёртая группа – технологические факторы: выбор технологии возделывания основных культур, рациональное их размещение в севообороте, агротехнические сроки.

Пятая группа – природно-климатические факторы: механический состав почвы, контурность полей, рельефы, длина гона, влажность, температура воздуха и др.

Повышение топливной эффективности машинно-тракторных агрегатов возможно лишь при системном подходе на всех этапах создания и использования техники. Главным направлением снижения расхода топлива при использовании машин являются мероприятия, обеспечивающие повышение производительности машинно-тракторного агрегата (МТА). Из баланса времени смены производительными является время основной работы, и, следовательно, необходимо стремиться к его увеличению и уменьшению соответственно времени холостых переездов и времени остановок.

Топливная экономичность МТА зависит от уровня организации использования машин. До 40...50 % времени смены приходится на производительные операции – повороты, переезды, загрузку

материалов, очистку рабочих органов и т.п., на которые также расходуется топливо.

Опыт передовых механизаторов показывает, что только за счёт правильной организации использования техники удаётся сэкономить до 15 % топлива. При выполнении переездов и поворотов нужно устанавливать максимально возможную скорость движения, близкую к транспортной скорости сельскохозяйственных машин с учётом безопасности движения, предусмотренной заводом-изготовителем. Однако увеличение скорости МТА на повороте целесообразно только до определённого предела. При этом необходимо стремиться применять комбинированный способ поворота, что позволит в 1,7 ... 2,0 раза снизить затраты времени на поворот и переезды в течение смены. Включением более высоких передач трактора и переводом двигателя на частичные скоростные режимы можно добиться снижения расхода топлива на повороты до 20 %, на переезды до 25 % не увеличивая их продолжительности. [2].

Расход топлива при эксплуатации МТА в значительной степени определяется техническим состоянием машин и уровнем эксплуатации системы и механизмов, прямым или косвенным образом влияющих на работу двигателя. Так, неисправность или неправильная регулировка одной форсунки дизельного двигателя увеличивает расход топлива на 15 – 20 %: понижение температуры охлаждающей жидкости, на 30- 40 % приводит к повышению расхода топлива на 5 – 10 % из-за ухудшения процесса сгорания, при отклонении угла начала подачи топлива на 3-5° удельный расход возрастает на 4-8 %.

Топливная экономичность двигателей во многом зависит от правильной регулировки форсунки.

Существенное влияние на расход топлива оказывает чистота поступающего в двигатель воздуха. Засорение воздухоочистителя, уменьшение поступающего в цилиндры двигателя чистого воздуха повысит расход топлива до 8 %.

Расход топлива определяется, кроме того, техническим состоянием трансмиссии и ходового аппарата трактора. Так, непроизводительные потери мощности в трансмиссии и ходовой части машин из-за неправильных регулировок и использования смазочных материалов с низкими эксплуатационными показателями (особенно в зимний период) повышают расход топлива на 15-20 %.

Значительные потери нефтепродуктов происходят при работе с неисправными или неисправно отрегулируемыми сельхозмашинами. Например, при пахоте неправильно соединенным с трактором плугом, с затупленными лемехами, перерасход топлива достигает 20 – 30 %. Расход топлива в сильной степени зависит от состояния рабочих поверхностей сельхозмашин. При увлажнении почвы увеличивается сопротивление машин, что вызывает снижение производительности и повышение расхода топлива на 5 – 20 %. [3]

**Заключение.** В целях экономии топлива при эксплуатации необходимо поддерживать органы тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин в технически исправном состоянии, при этом следует:

- постоянно контролировать стабильность экономико-мощностных показателей двигателя методами технической диагностики;
- поддерживать необходимый тепловой режим двигателей и применять нефтепродукты в соответствии с временем года;
- своевременно и в полном объеме проводить технические обслуживания машин.

Выполнение указанных мероприятий позволит добиться высокой технической готовности МТП и приведет к экономному расходованию моторных топлив.

#### Список использованной литературы

1. Государственная программа аграрного бизнеса в Республике Беларуси на 2016 – 2020 гг. Государственная программа инновационного развития. Концепция ГПИР на 2016 - 2020 гг.

2. Режимы работы двигателя и расход топлива (П.А. Лебедев [и др.]) // Сельский механизатор - 2011 - № 12 с 30-31.

3. Мельников Е.С., Родов Е.Г. Экономия топлива при эксплуатации техники в растениеводстве – Мн., Урожай 1984 – 128с.

**Abstract.** The analysis of the factors influencing consumption of fuel and lubricants is carried out.

УДК 621.43

**Тимошенко В.Я.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Чирич А.В.**, старший преподаватель  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕМ ОРГАНИЗАЦИИ ЕГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы по совершенствованию организации технического обслуживания машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия.*

**Введение.** Во время эксплуатации машин снижается их ресурс и ухудшаются технико-экономические показатели их использования. Для поддержания ресурса требуется управление их техническим состоянием. Оно осуществляется реализацией целого ряда мероприятий, важнейшим среди которых является периодическое техническое обслуживание машин (ТО).

Правила его проведения представлены в комплексной системе технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве» [1] утвержденных в 1986 году, где содержатся основные концепции, положения и нормативы инженерного обеспечения работоспособности сельскохозяйственной техники и повышения уровня эффективности ее использования.

Эта система в Беларуси не отменена и действует сегодня. На её основе в 1986 году разработан ГОСТ 20793-86 «Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание» [2]. В 2009 году этот ГОСТ был обновлен и издан с тем же названием под номером ГОСТ 20793-2009 [3] и продолжает действовать на территории стран СНГ, в том числе и в Беларуси. ГОСТ предусматривает, как планирование периодического технического обслуживания, так и интегральный учет наработки тракторов, как метод управления постановкой их на ТО, т.е. чтобы по истечении периодичности обслуживания трактора отправить его на очередное ТО.

Рекомендовалось также управлять постановкой тракторов на ТО с помощью талонов, жетонов или сервисных книжек. Надо признать, что не один из них в хозяйствах Беларуси не прижился. Там, где организации ТО уделялось и уделяется должное внимание, для интегрального учета применяется обычная заправочная ведомость, в которой заправщиком фиксируется расход топлива нарастающим итогом, а мастером-наладчиком осуществляется ежедневный контроль количества заправленного топлива и определение времени постановки трактора на очередное ТО.

Известно, что учет наработки тракторов нарастающим итогом весьма трудоёмок, особенно в настоящее время, когда размеры среднего хозяйства по площади пашни превышают 4,5 тысячи гектаров, а количество тракторов в нём 50 и более.

**Основная часть.** Авторам представляется, что для планирования работы пункта ТО и времени проведения ТО целесообразно применять объективное планирование ТО, под которым следует понимать такое, когда плановая наработка тракторов и её распределение по месяцам года были бы близки к фактическим.

Разумеется, что даже при самом тщательном планировании, будет иметь место расхождение между фактической и плановой наработкой тракторов. Однако оно не может быть значительным и повлиять на количество ТО и время их проведения. К тому же, ГОСТ 20793-2009 допускает расхождение между фактической и нормативной периодичностью проведения очередного ТО до  $\pm 10\%$ .

Эффективность использования с.- х. техники во многом определяется принятыми в хозяйствах мерами по стимулированию заинтересованности механизаторов в её сохранности и экономии средств на ремонт и ТО.

Нам представляется, что требуется разработка соответствующей методики, которая бы позволяла обоснованно рассчитать исходные данные для планирования ТО и затрат средств на ремонт и заинтересовать тем самым механизаторов в бережном отношении к закреплённым за ними машинам.

Отправной исходной величиной при планировании ТО является планируемый трактору годовой объём работ, который можно определить из выражения [4, с.136], [5, с.170], [7]

$$U_{\text{год}i} = T_{\text{год}i} \cdot W_{\text{э}mi} \cdot K_m \quad (1)$$

где  $T_{\text{год}i}$  – нормативная годовая загрузка трактора  $i$ -й марки, ч (таблица 1);

$W_{\text{э}mi}$  – эталонная часовая выработка трактора  $i$ -й марки, усл.эт.га (таблица 1);

$K_m$  – коэффициент перевода трактора  $i$ -й марки в приведенные по сроку службы (таблица 2).

Таблица 1 – Нормативная годовая загрузка и эталонная часовая выработка тракторов

Марка трактора	Нормативная годовая загрузка, ч	Эталонная часовая выработка, усл.эт.га/ч
К-710	1000	2,7
Беларус 3022, Беларус 2522	1000	2,7
Беларус 1523	1000	1,56
Беларус 1221	1000	1,3
Беларус 820, 920 и др. кл.1,4	1300	0,8

Таблица 2 – Коэффициенты перевода тракторов в приведенные по сроку службы:

Новые тракторы до первого капремонта			Тракторы, проходившие первый капремонт			Тракторы, проходившие последующий капремонт		
срок службы с начала эксплуатации, лет			срок службы от первого капремонта, лет			срок службы от последующего капремонта, лет		
	гусеничные	колесные		гусеничные	колесные		гусеничные	колесные
1	1.00	1.00	1	0.80	0.85	1	0.50	0.55
2	0.90	0.90	2	0.70	0.80	2	0.40	0.45
3	0.80	0.85	3	0.65	0.75	3	0.35	0.40
4	0.75	0.80	4 и более	0.60	0.70	4 и более	0.30	0.35
5	0.70	0.75						
6 и более	0.65	0.70						

Из выражения 1 и данных таблиц 1 и 2 видно, что плановый годовой объем работ с увеличением срока службы трактора ежегодно должен снижаться примерно на 5%.

Поэтому срок службы трактора обязательно следует учитывать при планировании ему годового объема работ, так как завышенный плановый объем работ по неотменённому положению [5] исключает заинтересованность механизаторов в экономии средств на ремонт и ТО и бережном отношении к вверенному ему трактору.

Если план-график ТО в принципе не может быть реальным, то планирование средств на ремонт и ТО машин в свое время было обязательным и повсеместным. Это делалось с целью заинтересовать механизатора в экономии средств на ремонт и ТО и снизить простой машин.

В соответствии с ранее принятыми нормативными документами [1], которые не отменены, а, следовательно, должны действовать и сегодня, механизатор имел возможность получить до 40% от суммы экономии средств на ремонте и ТО, но при одном условии - если выполнен запланированный годовой объем работ.

Однако объем работ планировался чаще всего от достигнутого, без учета срока службы трактора, как правило, в сторону его увеличения. Это вызывало равнодушие механизаторов к бережливости и вместо выполнения профилактических работ по поддержанию работоспособности и технической готовности машины выполнялись только работы по устранению неисправностей и замене дорогостоящих запчастей, которые, чаще всего не исчерпали свой ресурс.

При известном значении планируемого трактору годового объема механизированных работ количество номерных периодических ТО можно определить, не прибегая к аналитическим зависимостям, используя таблицу шкалы периодичности (таблица 3).

Для этого на шкале (таблица 3) надо найти значение периодичности (усл. эт.га), соответствующее наработке трактора на начало планируемого года и к этой цифре добавить планируемый трактору годовой объем работ в усл эт. га. и подсчитать между двумя цифрами количество ТО-1, ТО-2 и ТО-3. Эти значения и будут тем количеством номерных ТО, которые надо будет провести за трактором в планируемом году.

Таблица 3 – Шкала периодичности технического обслуживания тракторов

Марка трактора	Периодичность ТО	Вид ТО	ТО-1	ТО-1	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-1	ТО-1	ТО-3	ТО-1	ТО-1	ТО-1	ТО-2	ТО-1	ТО-1	ТО-1	ТО-3 / ТР-1	
			№ ТО	1	2	3	1	4	5	6	1	7	8	9	2	10	11	12	2
		Периодичность (мото-час)	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000	
		Единица измерения																	
К –701	375	Эт.га	375	750	1125	1500	1875	2250	2625	3000	3375	3750	4125	4500	4875	5250	2625	6000	
БЕЛАРУС 2522	320	Эт.га	320	640	960	1280	1600	1920	2240	2560	2880	3200	3520	3840	4160	4480	4800	5120	
БЕЛАРУС 1522	250	Эт.га	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500	2750	3000	3250	3500	3750	4000	
БЕЛАРУС 1221	190	Эт.га	190	380	570	760	950	1140	1330	1520	1710	1900	2090	2280	2470	2660	2850	3040	
БЕЛАРУС 1025	160	Эт.га	160	320	480	640	800	960	1120	1280	1440	1600	1760	1920	2080	2240	2400	2560	
БЕЛАРУС 920	135	Эт.га	135	270	405	540	675	810	945	1080	1215	1350	1485	1620	1755	1890	2025	2160	

Чтобы определить время (дату) проведения очередного ТО за каждым трактором можно использовать сложившееся в Беларуси распределение объёма механизированных тракторных работ по маркам тракторов и месяцам календарного года (таблица 4) или собрать эти данные за последние три года непосредственно в хозяйстве и представить их в виде таблицы 5.

Таблица 4 – Сложившееся распределение объёма механизированных работ по месяцам года, %

Класс тяги трактора	Янв.	Февр	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Август	Сент.	Окт.	Нояб.	Дек.
5,0	7	7	7	10	10	9	9	10	10	7	7	7
3,0	6	5	4	12	13	6	9	12	13	8	5	7
1,4	6	5	4	11	12	10	10	11	12	8	6	5
0,9	6	5	4	11	12	10	10	11	12	8	6	5
0,6	7	7	6	10	10	10	9	10	10	7	7	7

Ввиду того, что плановый годовой объём работ для старых тракторов ниже, объективным будет планировать затраты средств на ТО не на единицу объёма тракторных работ (1 усл. эт. га.), а на час его нормативной годовой загрузки (1000 ч).

В силу того, что старый трактор потребует на своё содержание больше средств, чем новый целесообразно это учесть при планировании этих средств.

Это планирование целесообразно выполнять, используя выражение

$$S_{\text{гор}}^{\text{год } i} = T_{\text{год } i} \frac{a_{\text{тор } i}}{100 \cdot K_{\text{ср } i}} \cdot B_{\text{тр } i}, \quad (2)$$

где  $a_{\text{тор } i}$  – норматив отчислений на ремонт и техническое обслуживание трактора  $i$ -ой марки, %;

$B_{\text{тр } i}$  – балансовая стоимость трактора  $i$ -ой марки, руб.

Таким образом, в зависимости от срока службы трактора с начала эксплуатации, на его ремонт и ТО ежегодно будут планироваться дифференцированные (справедливые) суммы затрат.

Учёт же срока службы трактора, и снижение в связи с этим планируемого ему годового объёма работ, позволит поставить механи-

заторов, работающих как на новых, так и на старых тракторах, в одинаковые условия и тем самым заинтересовать механизаторов, работающих на старых тракторах в бережном отношении к ним и иметь реальную возможность получить за это соответствующее вознаграждение.

Специалистам, организующим использование машин следует помнить, что положение [5] предусматривает премирование их (бригадиров тракторных бригад и их помощников, мастеров-наладчиков) в размере 10% от суммы экономии средств бригадой (подразделением), но при обязательном условии выполнения запланированного объема работ [4, с.180].

Вопросы, затронутые в настоящей статье, имеют важнейшее значение для условий нашей республики, где тракторы сельхоз-предприятий являются коммунальной собственностью и работают на них наёмные работники, которых надо заинтересовать в бережном отношении к вверенным им машинам.

#### Список используемой литературы

1. Комплексная система технического обслуживания и ремонта машин в сельском хозяйстве. Ч. 1 / Госкомсельхозтехника СССР и др.; под ред. В. М. Кряжкова и др. – М. : ГОСНИТИ, 1985. - 143 с.
2. ГОСТ 20793-86. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Минск: Госстандарт, 1986.
3. ГОСТ 20793-2009. Тракторы и машины сельскохозяйственные. Техническое обслуживание. – Минск: Госстандарт, 2009.
4. Г. Ф. Добыш, П. А. Кункевич, В. Я. Тимошенко. Справочник по эксплуатации машинно-тракторного парка. Мн.: Ураджай, 1987. – 286 с.; ил.
5. Положение №10 к приказу МСХ БССР от 31 мая 1978 г.
6. Новиков, А.В. Диагностика и техническое обслуживание машин для сельского хозяйства : учебное пособие /А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова – Минск : БГАТУ, 2009.– 404 с.
7. В. Я. Тимошенко, Г. Ф. Добыш, А. В. Новиков, Д. А. Жданко. Совершенствование подходов к организации технического обслуживания машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий. «Агропанорама», №2, 2014.

**Abstract.** The issues to improve the organization of maintenance of machines and tractors agricultural enterprise.

УДК 631.3.004

**Мирутко В.В.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Кашко В.М.**, старший преподаватель;  
**Сёмин Е.В.**, ассистент; **Гуль А.С.**, магистрант;  
**Банюк И.В.**, студент; **Есипов С.В.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МОЕЧНО-ОЧИСТНЫХ РАБОТ В ЦЕНТРАЛЬНЫХ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ КОЛЛЕКТИВНЫХ ХОЗЯЙСТВАХ**

***Аннотация.** В статье даны рекомендации по совершенствованию технологии и организации выполнения моечно-очистных работ в центральных ремонтных мастерских коллективных хозяйств путем применения гидродинамического способа для очистки машин, агрегатов, узлов и деталей, и их реконструкции с созданием централизованного универсального участка очистки сельскохозяйственной техники с системой оборотного водоснабжения.*

Анализ моечно-очистных работ, выполняемых в центральных ремонтных мастерских (ЦРМ) АПК Республики Беларусь показывает, что они в должной мере не отвечают предъявляемым техническим, санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям, не обеспечивая необходимую производительность труда, культуру производства, качество выполнения технического обслуживания, ремонта и хранения машинно-тракторного парка (МТП) и экономию трудовых, энергетических и материальных ресурсов. Это вызвано тем, что в одних хозяйствах отсутствует необходимая моечно-очистная инфраструктура, а в других она основана на применении типовых проектных решений, не отвечающих предъявляемым требованиям. Например, в типовых проектах центральных ремонтных мастерских ТП 816 – 246, 816 – 1 – 47.83, 816 – 128, 816 -1 – 174.89 и др.[1] для выполнения моечно-очистных работ предусматривается два отделения (рисунок 1, а). Первое отделение, представляет собой пост наружной очистки машин, который рас-

полагается в помещении размером 12х6 м и оснащается высоконапорным моечным аппаратом ОМ-22616. Второе, разборочно-моечное отделение, занимает под очистку помещение размером 4,5х3,5 м, оснащается камерной моечной машиной ОМ-366Г-01 и предназначено для очистки агрегатов, узлов и деталей. Вследствие раздельного расположения двух отделений их системы водообеспечения и водоотведения функционально между собой не связаны в единую систему замкнутого оборотного водоснабжения. Размеры поста наружной очистки машин недостаточны для обслуживания крупногабаритной сельскохозяйственной техники (грузовые автомобили, зерно- и кормоуборочные комбайны и др.), кроме того, отсутствуют электрощитовая, насосная и венткамера. Штатное моечное оборудование (ОМ-22616 и ОМ-1366Г-01) по своим выходным техническим характеристикам значительно уступает более экономичному современному моечному оборудованию. В первую очередь это относится к камерной моечной машине ОМ-1366Г-01. Кроме того, в отделениях отсутствуют эффективные и экономичные локальные системы регенерации воды, удаления и утилизации отходов очистки, что приводит к необоснованному загрязнению окружающей среды вредными веществами. Таким образом, проведенный анализ указывает на необходимость совершенствования типовых технологии и организации выполнения моечно-очистных работ в ЦРМ.

Результаты исследований показывают, что при относительно небольших объемах работ по очистке машин, их агрегатов, узлов и деталей, что имеет место в ЦРМ коллективных хозяйств, целесообразно применение струйной гидродинамической очистки с помощью мониторных моечных машин. Их применение обеспечивает высококачественную очистку объектов при минимальных удельных затратах энергии (около 0,1 кВт·ч/м<sup>2</sup>) и воды. При струйной и погружной очистке объектов в камерной и погружной моечных машинах удельная энергоемкость процесса соответственно составляет 2,5...3,5 и 0,3...0,6 кВт·ч/м<sup>2</sup> [2]. При высоконапорной гидродинамической мониторной очистке за счет эффективного действия только механического фактора качественная очистка достигается без технических моющих средств (ТМС) или с добавлением небольшого их количества. Это очень важно, так как применение ТМС удорожает очистку техники и значительно усложняет и удорожает регенерацию моющих растворов и очистку сточных вод. Применение при высоконапорной гидродинамической очистке специальных адаптеров (тур-

бофреза, специальный брандспойт с быстро трансформируемым углом распыла струи, кавитационный, пенный и гидропескоструйный насадки и др.) в разы повышает производительность, качество очистки и обеспечивает значительную экономию трудовых, материальных и энергетических ресурсов [3, 4].

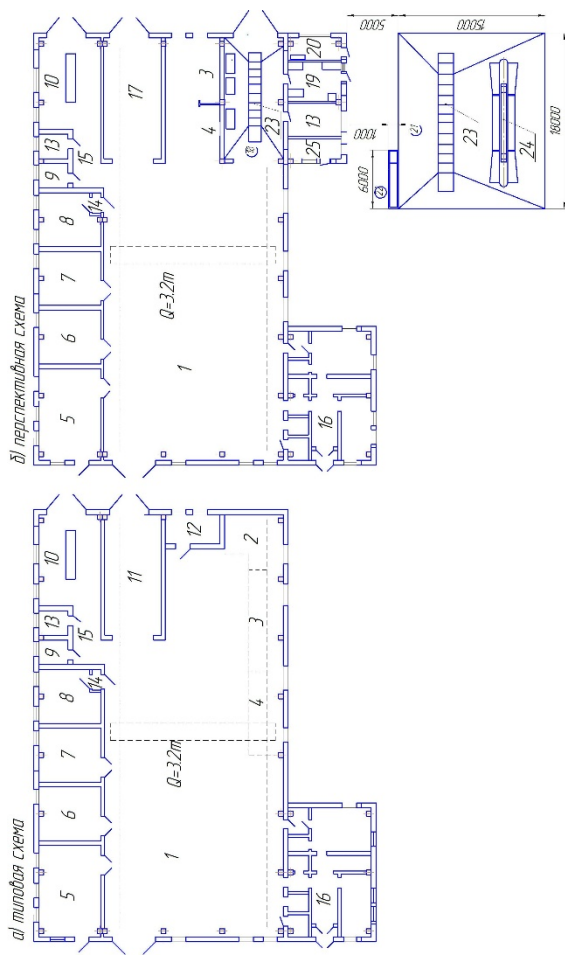
Наружную очистку машин рекомендуется проводить в два этапа. На первом, начальном этапе проводят предварительную очистку машин оборотной водой, подаваемой самовсасывающей центробежной установкой GR-3-25 из емкости с оборотной водой, далее при необходимости на этапе доочистки используют высоконапорный моечный аппарат типа HDS-695YEX с забором воды от водопроводной сети или из емкости с оборотной водой через специальный водозаборный фильтр.

Для очистки агрегатов, узлов и деталей в ЦРМ предлагается вместо дорогостоящей моечной машины OM-1366Г-01 (ориентировочная стоимость около 30000 Евро) использовать вышеуказанный высоконапорный моечный аппарат HDS-695YEX и специальную моечную камеру и ванны.

Одновременное использование мониторинговых моечных аппаратов для наружной очистки машин и очистки агрегатов, узлов и деталей позволяет быстро выходить на рабочие режимы работы, исключить необходимость в применении или приобретении дорогостоящей камерной моечной машины и освободить производственную площадь в разборочно-моечном отделении. Упрощаются также вопросы технической эксплуатации моечного оборудования и систем водоснабжения и водоотведения.

Совершенствование организации выполнения моечно-очистных работ в ЦРМ рекомендуется осуществлять путем создания универсального участка очистки машин, сборочных единиц и деталей с системой оборотного водоснабжения в соответствии с перспективным компоновочным планом, представленным на рисунке 1, б.

Рядом с закрытым моечным помещением размером 12х6 м размещается электрощитовая, насосная, венткамера, очистные сооружения, эстакада и открытая моечная площадка размером 18х9 м для обслуживания крупногабаритной самоходной и прицепной сельскохозяйственной техники: грузовые автомобили, зерно- и кормоуборочные комбайны, прицепные картофелеуборочные комбайны с тракторами и другая техника, поступающая непосредственно на очистку после выполнения сельскохозяйственных работ в полевых условиях.



1-участок ремонтно-монтажный; 2-участок очистки деталей и агрегатов; 3-участок ремонта агрегатов; 4-участок шиномонтажный; 5-участок кузнечно-сварочный; 6-участок слесарно-механический; 7-участок проверки и регулировки автотракторного электрооборудования; 8-участок проверки и регулировки топливной аппаратуры и гидросистем; 9-инструментально-раздаточная кладовая; 10-участок диагностики и технического обслуживания тракторов; 11-участок наружной мойки; 12-компрессорная; 13-венткамера; 14-тамбур-шлюз; 15-коридор; 16-бытовые помещения; 17-пост противокоррозионной защиты; 18-закрытый моечный зал; 19- насосная; 20-электрощитовая; 21-моечная площадка; 22-очистные сооружения; 23-грязесборник; 24-эстакада; 25-кладовая.

Рисунок 1 – Типовая (а) и перспективная (б) схемы расположения постов очистки в составе ремонтной мастерской (ПП 816-1-172-89)

**Заключение.** Предложено произвести совершенствование технологии и организации выполнения моечно-очистных работ в ЦРМ соответственно путем применения гидродинамического способа для очистки машин, агрегатов, узлов и деталей и реконструкцией ЦРМ с созданием централизованного универсального участка очистки сельскохозяйственной техники с системой оборотного водоснабжения. Это дает возможность освободить производственную площадь и исключить необходимость использования или приобретения дорогостоящего моечного оборудования для разборочно-моечного отделения (камерная моечная машина ОМ-1366Г-01) и необходимость строительства открытой моечной площадки с очистными сооружениями (ТП 816-2-1) с приобретением дополнительного моечного оборудования при въезде на территорию РОБ, как это принято в типовых решениях и качественно при минимальных затратах выполнять очистку при техническом обслуживании, ремонте и хранении МТП, обеспечивая высокую производительность и экономию трудовых, энергетических и материальных ресурсов с соблюдением требований по защите окружающей среды.

#### Список использованной литературы

1. Миклуш В. П. Организация ремонтно-обслуживающего производства и проектирование предприятий технического сервиса АПК/ В. П., Миклуш, Т. А., Шаровар, Г. М., Уманский. Учебное пособие - Минск, «Ураджай», 2001 - 662с.
2. Черноиванов В. И. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве /В.И. Черноиванов, /В.В. Бледных и др. Под редакцией В.И. Черноиванова – Москва-Челябинск, ГОСНИТИ, 2003 -992с.
3. Технология ремонта машин /Е.А. Пучин, В.С. Новиков, Н.А. Очковский и др.; Под редакцией /Е.А. Пучина – Москва: Колос, 2007 – 488с.
4. Пучин Е.А., Петрашев А.Н., Веденеев А.А., Байдылдаев В.А. Проблема очистки сельскохозяйственной техники при ремонте и техническом обслуживании – Ремонт, восстановление, модернизация; №9, 2002. – с.32-34.

**Abstract.** It is proposed to improve the technology and organization of the implementation of washing and cleaning works in the CRM, respectively, by simultaneous use of hydrodynamic method for cleaning

machines, units, components and parts and the reconstruction of the CRM with the creation of a centralized universal site for cleaning agricultural machinery with a system of circulating water supply. This makes it possible to free up the production area and eliminate the need to use or purchase expensive washing equipment for disassembly and washing Department (chamber washing machine OM-1366G-01) and the need to build an open washing area with treatment facilities (t.p. 816-2-1) with the acquisition of additional washing equipment at the entrance to the territory of the ROB, as is customary in standard solutions and efficiently at minimal cost to perform cleaning during maintenance, repair and storage of MTP, providing high performance and saving labor, energy and material resources in compliance with environmental protection requirements.

УДК 621.762

**Ильющенко А.Ф.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор, член-корр. НАН Беларуси; **Черняк И.Н.**<sup>2</sup>; **Жегздринь Д.И.**<sup>2</sup>; **Илюкевич А.И.**<sup>2</sup>; **Кусин А.Р.**<sup>2</sup>; **Кусин Р.А.**<sup>3</sup>, кандидат технических наук, доцент; **Закревский И.В.**<sup>3</sup>; **Сапотько А.С.**<sup>3</sup>; **Шабанов А.А.**<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Государственное научно-производственное объединение порошковой металлургии, Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии»,*

*г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Государственное научное учреждение «Институт порошковой металлургии», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>3</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный*

*технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>4</sup>*ЧПУП «ЧервеньАгро», г. Минск, Республика Беларусь*

## **РЕГЕНЕРАЦИЯ ПОРОШКОВЫХ ФИЛЬТРУЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПРОЦЕССЕ ФИЛЬТРАЦИИ ВОДНОЙ СУСПЕНЗИИ ГИДРОГУМАТА ТОРФА**

*Аннотация. Предложена конструкция и испытан в условиях ЧПУП «ЧервеньАгро» образец устройства для фильтрации суспензий с возможностью регенерации фильтрующих элементов без*

*разборки фильтра путем противотока. Испытания показали работоспособность предложенного метода регенерации порошковых фильтрующих элементов и высокую эффективность очистки.*

**Введение.** К одной из серьезных практических проблем, возникающих в процессе эксплуатации фильтрующих устройств, предназначенных для отделения твердых частиц из суспензий с помощью жестких перегородок, относится образование на поверхности фильтрующих элементов осадка, обладающего высоким адгезионным взаимодействием с фильтрующей поверхностью. Вследствие этого, спустя небольшой период от начала эксплуатации становится невозможным осуществить регенерацию фильтроэлементов противотоком без разборки всего устройства, что приводит к необоснованному простоем технологического оборудования. Из известных методов регенерации наиболее распространенным является механическая регенерация противотоком [1, 2]. В современных устройствах использование сжатого воздуха с обратной промывкой позволяет увеличить межрегенерационный цикл работы фильтроэлементов [3]. К недостаткам известных методов регенерации противотоком относится относительно высокая продолжительность процесса. Повышение быстродействия и эффективности процесса за счет энергии взрыва, электрических импульсов или аккумуляирования сжатого воздуха усложняют и удорожают процесс. В тоже время анализ работы вакуумных фильтров [4] позволяет сделать вывод, что эффективным, но малоизученным процессом регенерации фильтроэлементов противотоком является метод, основанный на предварительном вакуумировании камеры сброса загрязнений, перекрытии канала ввода очищаемой суспензии во входную полость фильтрующего устройства и резком открытии канала, соединяющего входную полость с камерой сброса загрязнений. Метод прост, не требует специального оборудования и обеспечивает высокое быстродействие процесса.

Целью работы является разработка устройства для фильтрации суспензий с возможностью его регенерации без разборки фильтра, вакуумируя емкость для сбора загрязнений.

**Основная часть.** Для реализации поставленной цели было разработано устройство, схематично представленное на рисунке 1.

Устройство работает следующим образом. При фильтрации исходной жидкости краны 2 и 4 находятся в открытом положении, краны 6, 12 – в закрытом. В это время вакуумный насос 7 включен и создает разрежение в емкости-накопителе 5, кран 9 открыт, кран 10 закрыт. При достижении заданной степени разрежения кран 9 закрывают, вакуумный насос 7 отключают.

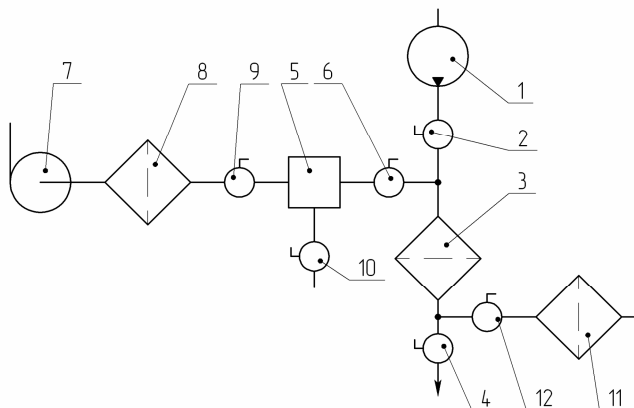


Рисунок 1 – Устройство для фильтрации суспензий

1 – насос; 2, 4, 6, 9, 10, 12 – кран; 3 - фильтр; 5 - емкость-накопитель;  
7 - вакуумный насос; 8 – фильтр предохранительный; 11 - фильтр тонкой очистки

При достижении на фильтре 3 критического перепада давления краны 2 и 4 закрывают, краны 6 и 12 открывают. При этом жидкость, прошедшая через фильтр, удалена и при регенерации не расходуется. Атмосферный воздух за счет разрежения в емкости-накопителе 5 проходит через фильтр 3, осуществляя очистку фильтрующей поверхности установленного в нем фильтроэлемента, удаляя с его загрязненной стороны задержанный загрязнитель и унося его в емкость-накопитель. Для более полной очистки фильтроэлемента, требуемый объем емкости накопителя, как минимум, более чем в три раза должен превышать объем фильтра. По завершении процесса очистки (регенерации) фильтра 3 краны 6 и 12 закрывают, краны 2 и 4 открывают и процесс фильтрации продолжается. При накоплении в емкости-накопителе 5 большого количества загрязнителя, загрязнитель удаляется открытием крана 10 при одновременно закрытых кранах 6 и 9.

Испытания экспериментального образца устройства при фильтрации водной суспензии гидрогумата торфа показали, что предложенная схема регенерации обеспечивает восстановление пропускной способности не менее 90 % по отношению к первоначальному, было проведено 11 регенераций до падения пропускной способности в 2 раза. В результате работы был изготовлен и испытан в производственных условиях ЧПУП «ЧервеньАгро» опытный образец разработанного устройства (рисунок 2).



Рисунок 2 – Испытания опытного образца устройства для очистки суспензии гидрогумата торфа

Испытания показали, что порошковый фильтрующий материал, использованный для изготовления, установленного в устройстве фильтроэлемента, обеспечивает высокую эффективность, а также подтвердили работоспособность предложенного метода регенерации. В то же время производительность устройства относительно низкая – 1 м<sup>3</sup>/ч, что объясняется масштабным фактором (фильтроэлемент имеет трубчатую форму с размерами  $\varnothing 60 \times 3,5 \times 200$  мм).

**Заключение.** Предложена конструкция и испытан в условиях ЧПУП «ЧервеньАгро» опытный образец устройства для фильтрации суспензий с возможностью регенерации фильтроэлементов без

разборки фильтра путем противотока, обеспечиваемого за счет вакуумирования емкости для сбора загрязнителя, соединенной с входной полостью фильтра. Испытания экспериментального образца устройства показали работоспособность предложенного метода регенерации и высокую эффективность очистки.

*Работа выполнена в рамках задания 5.3.02 ГПНИ «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Композиционные материалы».*

#### Список использованной литературы

1. Коваленко, В.П. Основы техники очистки жидкостей от механических загрязнений [Текст]/ В.П. Коваленко, А.А. Ильинский. – М.: Химия, 1982. – 272 с.

2. Андрушевич, А.А. Регенерация фильтрующих элементов на основе металлических порошков, волокон и сеток в хозяйствах агропромышленного комплекса [Текст]/ В.М. Капцевич, А.А. Андрушевич, Р.А. Кусин, И.Н. Черняк, П.С. Чугаев, В.М. Корнеева, А.И. Илюкевич // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации: материалы конф., посвящ. 60-летию создания БГАТУ и памяти Суслова, Минск, 4-6 июня 2014 г. / БГАТУ; под общ. ред. И.Н. Шилю, Н.А. Лабушева, в 2 ч. – Минск, 2014. – Ч. 1. – С. 221-225.

3. Азаров, С.М. Оценка эффективности работы фильтрующих композиций при очистке воды оборотных систем [Текст]/ С.М. Азаров, Т.А. Азарова, А.И. Ратько [и др.] // Порошковая металлургия: респуб. сб. науч. трудов. – Минск: Беларуская навука, 2009. – Вып. 32. – С. 114–120.

4. Айнштейн, В.Г. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: учебник: в 2 кн. [Текст]/В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов [и др.] // под ред. В.Г. Айнштейна. – М.: Люкс; Высшая школа, 2003. – Кн. 1. – 912 с.

**Abstract.** The design of the device for filtering suspensions with the possibility of filter element regeneration without filter disassembly by counter-flow has been proposed and tested in Private Unitary Production Enterprise “ChervenAgro”. Tests of the sample of the device have showed the performability of the proposed regeneration method of powder filter elements and high purification efficiency.

УДК 669.53.01.99; 621.88

**Калиниченко М.Л.<sup>1</sup>**, магистр технических наук,  
младший научный сотрудник;

**Долгий Л.П.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук,  
заведующий лабораторией;

**Нелюб И.А.<sup>2</sup>**, технический директор;

**Зелезей А.Е.<sup>1</sup>**, ведущий инженер

<sup>1</sup>*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*УП «Технолит», г. Минск, Республика Беларусь*

## **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ МОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКТОВ ДЛЯ ЛИТЬЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**Аннотация.** *В статье приведены данные по созданию модельных комплектов, используемых для литья деталей сельскохозяйственной техники с помощью 3-D фрезерования и последующего крепления к модельным плитам с помощью склеивания. Проведен анализ клеевых составов и ряд их механических испытаний.*

**Введение.** В настоящее время для создания мобильных формовочных комплектов для мелкого и средне серийного производства деталей сельскохозяйственной техники применяются различные типы пластических масс, обработка которых проводится методом 3D-фрезерования, с последующим монтажом на модельной плите методом склейки.

На рынке существует большое количество пластических масс для создания моделей, приспособленных для различных условий эксплуатации. Для наших исследований были выбраны модельные пластики легко доступные на рынке Республики Беларусь и получившие широкое распространение, а именно: PROLAB 65 (Axson); PROLAB 75 (Axson); LAB 850 (Axson); WB-1404 RARU-TOOL (Rampf); Obo-werke 1000 (Obomodulan). Все эти пластики имеют приблизительно одинаковую температуру стеклования, но различную плотность, твердость и как следствие различные показатели прочности на сжатие и на изгиб.

Для их монтажа и ремонта существует широкий диапазон клеевых и ремонтных паст, заявленных как производителем, так и универсальных, имеющих в свободном обороте.

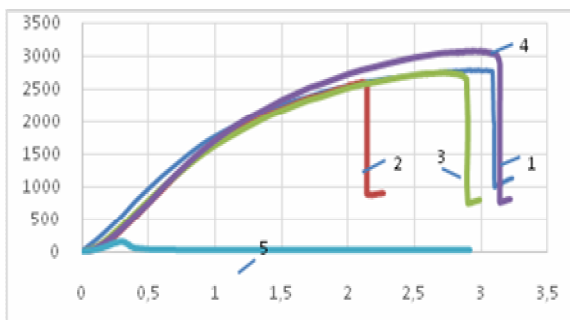
**Основная часть.** Для выяснения надежности монтажа модели объектом исследования были выбраны следующие клеевые составы: DP 8005 (3M), EPOLAM 2002 (Axson), UR 3569 (Axson), Prolab Glue (Axson), EP-2306 (Rampf). Все эти клеи являются двухкомпонентными. При этом только DP 8005 является клеем на акриловой основе, а все остальные представляют различные модификации на основе смолы.

Были подготовлены образцы из различных видов модельного пластика с одинаковым типом размеров и склеены выше указанными клеевыми составами. При этом исходили из того, что клей Prolab Glue и EP-2306 предпочтительнее использовать на модельных плитах с повышенной пористой структурой типа PRO LAB 65, клей UR-3569 предназначен специально для LAB 850, а EPOLAM 2002 и DP 8005 приняли за универсальные.

Подготовка поверхности проводили по стандартной методике, описанной в [1].

На следующем этапе были проведены механические испытания на сдвиг имитирующие воздействие формовочной смеси на модельные комплекты.

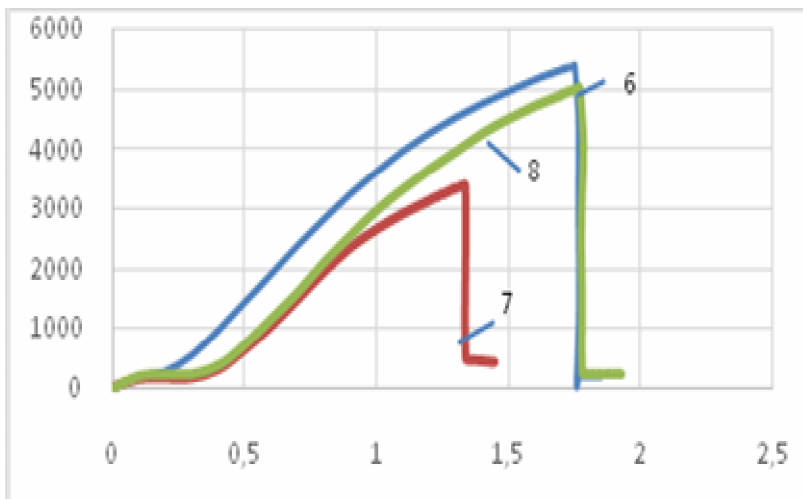
**Результаты испытаний.** Исходный образец (модельный пластик PROLAB 65) выдерживает нагрузку в 2 790 Н при удлинении 2,93 мм. При этом клей EP-2306 показал наивысший результат даже по сравнению с показаниями пластика 3 077 Н при аналогичном удлинении, чуть ниже EPOLAN 2002 – 2 752 Н при практически аналогичном удлинении и DP 8005 – 2 606Н при удлинении 2,09 мм, а вот PROLAB GLUE показал наименьший результат – 153 Н при удлинении 0,29 (рисунок 1).



- 1 – исходный модельный пластик (PROLAB-65), 2 – пластик, склеенный DP 8005,  
3 – пластик склеенный EPOLAN 2002, 4 – пластик, склеенный EP-2306,  
5 – пластик склеенный PROLAB GLUE

Рисунок 1 – Испытания на сдвиг PROLAB-65

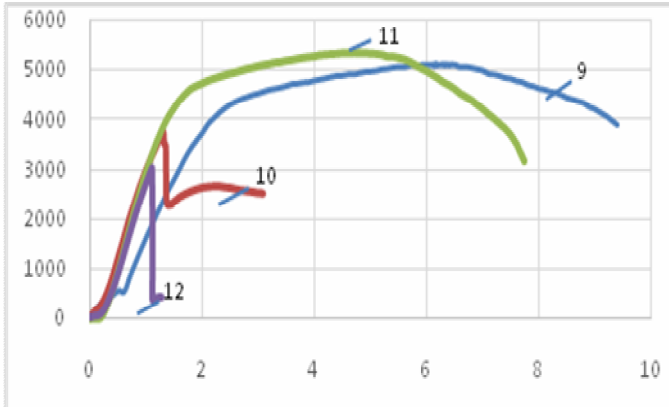
Исходный образец (модельный пластик PROLAB 75) выдерживает нагрузку в 5 390 Н при удлинении 1,75 мм. При этом клей EPOLAN 2002 – 5 029 Н при практически аналогичном удлинении 1,77 мм, что является практически аналогичным результатом с исходным образцом. В тоже время DP 8005 показал результат чуть ниже – 3 401 Н при удлинении 1,34 мм (рисунок 2).



6 – исходный модельный пластик (PRPLAB-75), 7 – пластик, склеенный DP 8005,  
8 – пластик склеенный EPOLAN 2002.

Рисунок 2 – Испытания на сдвиг PROLAB-75

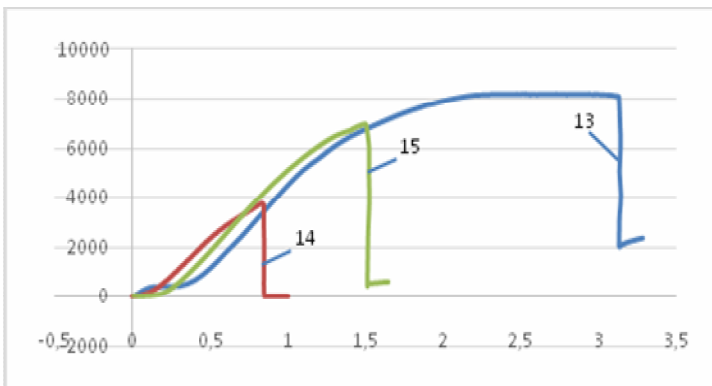
Исходный образец (модельный пластик LAB 850) выдерживает нагрузку в 5 136 Н при удлинении 6,17 мм. При этом клей EPOLAN 2002 показывает наилучший результат даже по сравнению с исходным образцом – 5 346 Н при незначительной потере пластичности, а именно наименьшем удлинении 4,71 мм, что является практически аналогичным результатом с исходным образцом. В тоже время DP 8005 показал результат чуть ниже – 3 760 Н при удлинении 1,34 мм, а специальный клей UR 3569 показал наименьший результат – 3 025 Н, при удлинении 1,10 мм (рисунок 3).



9 – исходный модельный пластик (LAB-850), 10 – пластик, склеенный DP 8005, 11 – пластик склеенный EPOLAN 2002, 12 – пластик склеенный UR 3569.

Рисунок 3 – Испытания на сдвиг LAB-850

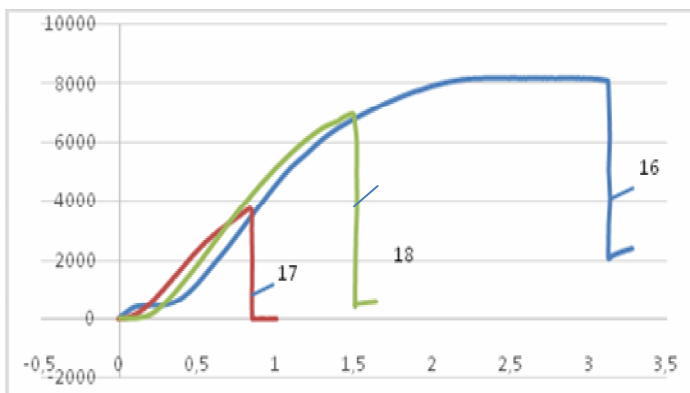
Исходный образец (модельный пластик WB-1404 RAKU-TOOL) выдерживает нагрузку в 8 221,12 Н при удлинении 2,53 мм. При этом клей EPOLAN 2002 – 6 964 Н при практически аналогичном удлинении 1,50 мм, что является практически аналогичным результатом с исходным образцом. В тоже время DP 8005 показал результат чуть ниже – 3 787 Н при удлинении 0,83 мм (рисунок 4).



13 – исходный модельный пластик (WB-1404 RAKU-TOOL), 14 – пластик, склеенный DP 8005, 15 – пластик склеенный EPOLAN 2002.

Рисунок 4 – Испытания на сдвиг WB-1404 RAKU-TOOL

Исходный образец (модельный пластик Obo-werke 1000) выдерживает нагрузку в 4 750 Н при удлинении 2,04 мм. При этом клей EPOLAN 2002 – 4 650 Н при практически аналогичном удлинении 1,97 мм, что является практически аналогичным результатом с исходным образцом. В тоже время DP 8005 показал результат чуть ниже – 3 199 Н при удлинении 1,17 мм (рисунок 5).



16 – исходный модельный пластик (Obo-werke 1000),  
17 – пластик, склеенный DP 8005, 18 – пластик склеенный EPOLAN 2002  
Рисунок 5 – Испытания на сдвиг Obo-werke 1000

**Заключение.** В результате проделанной работе был проведен анализу клеевых составов, применяемых для создания модельных комплектов и проведены механические испытания на сдвиг, показавшие, что наибольшей универсальностью обладает клей EPOLAN 2002, а наибольшую чистоту поверхности показал клей UR 3569.

#### Список использованной литературы

1. Ж.-Ж. Вильнав. Клеевые соединения. Перевод с французского Л.В. Синегубовой. — М.: Техносфера, 2007. — 385с.

**Abstract.** In article shown some information about creation of the model sets used for molding of details of agricultural machinery with the help of 3-D milling and the subsequent fastening to model plates by gluing. Also, was made an analysis of adhesive compositions and a number of their mechanical tests.

УДК 621.43

**Капцевич В.М.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Дечко М.М.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Лисай Н.К.<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Чугаев П.С.<sup>1</sup>**, инженер

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>РО «Белагросервис», г. Минск, Республика Беларусь

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ В МНОГОСЛОЙНЫХ СЕТЧАТЫХ МАТЕРИАЛАХ**

***Аннотация.** На основе компьютерного моделирования показана возможность оценки изменения сквозного порораспределения многослойных сетчатых материалов при различных типах укладки сеток.*

Сетчатые фильтры, изготавливаемые из металлических плетеных проволочных сеток, широко применяются для очистки горючесмазочных материалов [1] и для улавливания искр в искрогасителях сельскохозяйственной техники [2] благодаря ряду преимуществ перед другими проницаемыми материалами: сочетанию высокой прочности, проницаемости, термостойкости, способностью к многократной и практически неограниченной регенерации [3]. Отличительной особенностью пористой структуры сетки является регулярность расположения одинаковых по форме и размерам ячеек. В процессе фильтрования сетка задерживает все частицы загрязнений, размеры которых превышают размеры ее ячейки. Существенным недостатком СМ является невысокая грязеемкость, так как при их практическом использовании реализуется не глубинное, а поверхностное фильтрование [4]. Однако, применяя простые конструкторско-технологические решения, можно с использованием сетчатых материалов простым пакетированием (укладкой сеток одна на другую) получать объемно-сетчатые материалы, работающие в режиме глубинного фильтрования.

На практике пакетирование сеток можно осуществить путем случайной укладки либо целенаправленно ориентированной, когда ячейки прилегающих сеток смещаются на определенные расстояния

и/или поворачиваются на заданный угол. При таком пакетировании сеток характеристики сквозных пор изменяются, так как в результате взаимных пересечений ячеек образуются многоугольники различных форм и размеров.

Целью настоящей работы является анализ изменения сквозного порораспределения многослойных сетчатых материалов, получаемых целенаправленным ориентированием каждого слоя, и получаемой при этом проницаемости фильтра.

Для моделирования процесса фильтрования используем уравнение Гагена-Пуазейля [5], описывающее ламинарное течение жидкости через цилиндрическую трубу:

$$Q = \frac{\pi \Delta P r^4}{8 \mu L},$$

где  $Q$  – объемная скорость потока жидкости, м<sup>3</sup>/с;  $\Delta P$  – перепад давления, Па;  $r$ ,  $L$  – радиус и длина трубы, м;  $\mu$  – вязкость жидкости.

Представим сквозные поры сетчатого фильтра, как множество труб со средним гидравлическим радиусом [6]:

$$r_i = 2 \frac{S_i}{P_i},$$

где  $S_i$  и  $P_i$  – соответственно площадь и периметр поперечного сечения поры.

Тогда скорость фильтрации через площадку  $S_1$  будет равна:

$$V_{\text{ср}} = \frac{Q_1}{S_1} = \frac{\pi \Delta P}{4 \mu L S_1} \sum_i \left( \frac{S_i}{P_i} \right)^4. \quad (1)$$

Таким образом при прочих равных условиях влияние порораспределения в сетчатом фильтре на скорость фильтрования определяется суммой

$$\sum_i \left( \frac{S_i}{P_i} \right)^4.$$

Для моделирования и расчета геометрических параметров сквозных отверстий, получаемых при наложении ячеек, нами разработана программа на Visual Basic в графическом редакторе CorelDRAW X7, с помощью которой вычислялись  $S_i$  и  $P_i$  для задаваемых наложений сеток.

Для примера выбраны сетки  $\sim 50 \times 50 \text{ мм}^2$  с числом квадратных ячеек  $39 \times 39$  размерами  $1 \times 1 \text{ мм}^2$  и расстоянием между их центрами 1,3 мм. Для такой сетки отношение  $S_i/P_i = 1/4$ , а, следовательно

$$\sum_i \left( \frac{S_i}{P_i} \right)^4 = (380,25 \times 10^{-6})^4.$$

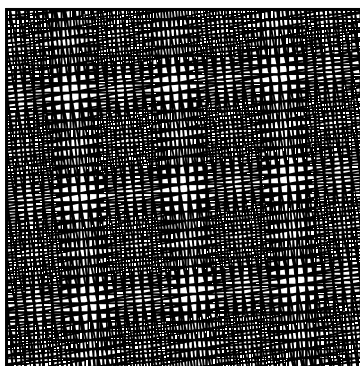
При наложении 3-х сеток с поворотом на  $5^\circ$  каждой, получим картину, показанную на рисунке 1, а. Рассчитанная для такого фильтра

$$\sum_i \left( \frac{S_i}{P_i} \right)^4 = (303,7 \times 10^{-6})^4,$$

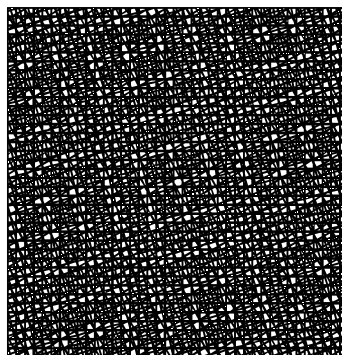
что по уравнению (1) прогнозирует снижение скорости фильтрования в 2,46 раза. При наложении 3-х сеток с поворотом на  $15^\circ$  каждой, получим картину, показанную на рисунке 1, б. Рассчитанная для такого фильтра

$$\sum_i \left( \frac{S_i}{P_i} \right)^4 = (310,8 \times 10^{-6})^4,$$

что по уравнению (1) прогнозирует снижение скорости фильтрования в 2,2 раза, то есть меньше, чем при  $5^\circ$ . Но при этом тонкость очистки существенно повышается вследствие образования большего числа мелких пор.



*а*



*б*

Рисунок 1 – Структура сквозных пор при наложении 3-х сеток с поворотом на  $5^\circ$  (а) и на  $15^\circ$  (б)

**Выводы.** На примере сетчатого пакета из трех сеток, повернутых на заданные углы, показана возможность оценки изменения сквозного порораспределения многослойных сетчатых материалов, что позволило прогнозировать изменение производительности фильтрования и тонкости очистки фильтров из таких материалов.

Список использованной литературы

1. Капцевич, В.М. Очистка и регенерация смазочных материалов в условиях сельскохозяйственного производства: монография / В.М. Капцевич [и др.]. – Минск: БГАТУ, 2007. – 232 с.
2. Капцевич, В.М. Искрогасители для сельскохозяйственной техники / В. М. Капцевич [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2017. – 153 с.
3. Синельников, Ю.И. Пористые сетчатые материалы / Ю.И. Синельников [и др.]. – М.: Металлургия, 1983. – 64 с.
4. Брай, И.В. Фильтры тонкой очистки дизельного топлива / И.В. Брай, Ю.А. Кудинов, И.Ю. Белявский. – М.: Машгиз, 1963. – 128 с.
5. Hutten, I.M. Handbook of Nonwoven Filter Media / I.M. Hutten. – Elsevier Science, 2007. – 496 p.
6. Wakeman, R.J. Filtration: Equipment Selection, Modeling and Process Simulation / R.J. Wakeman, E.S. Tarleton. – Elsevier Science, 1999. – 446 p.

**Abstract.** On the basis of computer simulation, it is shown that it is possible to estimate the change in the through pores distribution of multilayer mesh materials for various types of laying of grids.

УДК 621.899

**Корнеева В.К.**, старший преподаватель;

**Рыхлик А.Н.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

**ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ДВУХСЛОЙНЫХ  
ФИЛЬТРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ  
МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ МЕТОДОМ СУХОГО  
ИЗОСТАТИЧЕСКОГО ПРЕССОВАНИЯ**

*Аннотация.* В работе представлены результаты расчетов степени очистки смазочных материалов при требуемой тонкости

*фильтрация для двухслойных фильтрующих материалов, получаемых из медных кабельных отходов методом сухого изостатического прессования.*

Актуальной проблемой повышения надежности и долговечности сельскохозяйственной техники является своевременная и качественная очистка смазочных материалов, т.к. наличие частиц загрязнений приводит к отказам, доля которых составляет от 60 % до 90 % [1-4].

Наиболее опасными частицами загрязнений, попадающими в смазочные материалы, являются частицы кварцевого песка – оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) с размерами до 100 мкм и более. Эти частицы имеют твердость 10000...13500 МПа, значительно превышающую твердость других частиц загрязнений и твердость деталей сельскохозяйственной техники [5]. С увеличением содержания оксидов кремния, попадающих в смазочные материалы из почвы, возрастает износ деталей. Так, например, при содержании в почве  $\text{SiO}_2$  в количестве 95, 70 и 60 % средний износ гильз цилиндров двигателей через 256 ч работы составил соответственно 152, 93 и 72 мкм [5].

Установлено [3, 5, 6], что при одном и том же массовом количестве частиц загрязнений разных размеров, максимальный износ вызывают частицы размером от 15 до 40 мкм. Мелкие частицы размером 2 – 3 мкм находятся в смазочном материале во взвешенном состоянии, частично заполняют микровпадины на поверхностях трения, препятствуют непосредственному контакту сопрягаемых деталей и уменьшают износ их поверхностей. При увеличении размеров частиц от 3 – 5 до 15 – 40 мкм изнашивание, например, поршневых колец увеличивается в 2 – 4 раза. В то же время при увеличении размеров частиц свыше 40 мкм их изнашивание уменьшается, что объясняется фильтрующей способностью самого зазора, в который не попадают частицы, имеющие размер, превосходящий его величину.

Удаление частиц загрязнений из смазочных материалов можно осуществить фильтрованием с использованием фильтрующих материалов (ФМ), изготовленных методом порошковой металлургии.

В БГАТУ разработана технология изготовления многослойных ФМ из медных кабельных отходов (МКО) различных фракций ме-

тодом сухого изостатического прессования (СИП). Такие ФМ обладают повышенной проницаемостью, способностью работать в режиме глубинного фильтрования, обеспечивая при этом высокую грязеемкость и длительный срок службы, и могут быть использованы для очистки смазочных материалов.

Процесс получения многослойных ФМ методом СИП основан на засыпке МКО заданного гранулометрического состава в кольцевой зазор между формообразующим металлическим стержнем диаметром  $D_0$  и эластичной матрицей с внутренним диаметром  $D_m$ , прессовании под давлением, обеспечивающим получение прессовки требуемой плотности  $\rho_1$  (пористости  $1 - \rho_1$ ) диаметром  $D_1$ , повторной засыпки МКО другого гранулометрического состава в кольцевой зазор между прессовкой диаметром  $D_1$  и матрицей с внутренним диаметром  $D_m$  и повторного прессования с получением двухслойной прессовки с плотностью второго слоя  $\rho_2$  (пористостью  $1 - \rho_2$ ) (рисунок 1). Процесс дальнейшей засыпки МКО требуемого гранулометрического состава и последующего прессования может осуществляться многократно.

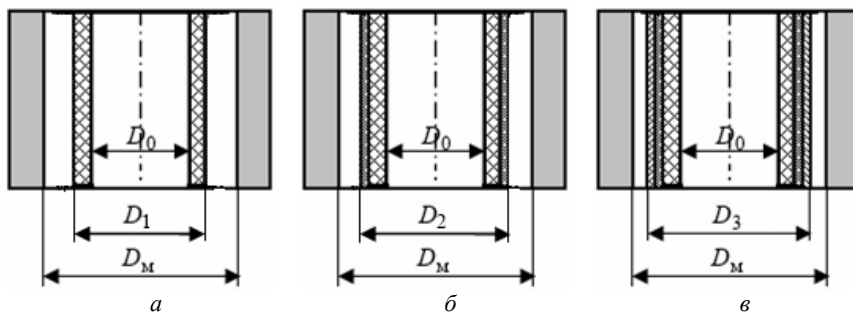


Рисунок 1 – Схема получения трехслойного ФМ: *а* – формирование первого слоя; *б* – формирование второго слоя; *в* – формирование третьего слоя

В процессе засыпки каждого слоя следует учитывать плотность укладки в кольцевой зазор, которая, как было установлено экспериментально [7], зависит как от размера зазора, так и от гранулометрического состава волокон. Плотность напрессованного слоя может быть определена из полученных ранее уравнений прессования [8].

Рассмотрим процесс изготовления многослойного ФМ. Пусть при прессовании первого слоя плотность укладки составляла  $\rho_{\text{укл } 1}$ , второго –  $\rho_{\text{укл } 2}$ , ...,  $n$ -го –  $\rho_{\text{укл } n}$ . Очевидно, что масса засыпанных МКО в кольцевой зазор равна массе прессовки. Тогда после прессования первого, второго, ...,  $n$ -го слоев равенство масс можно записать, соответственно:

$$\rho_{\text{укл } 1} V_{\text{укл } 1} = \rho_1 V_1, \rho_{\text{укл } 2} V_{\text{укл } 2} = \rho_2 V_2, \dots, \rho_{\text{укл } n} V_{\text{укл } n} = \rho_n V_n. \quad (1)$$

где  $V_{\text{укл } 1}$ ,  $V_{\text{укл } 2}$ , ...,  $V_{\text{укл } n}$  – объемы кольцевых зазоров первого, второго, ...,  $n$ -го слоев, соответственно;  $V_1$ ,  $V_2$ , ...,  $V_n$  – объемы прессовок при прессовании первого, второго, ...,  $n$ -го слоев, соответственно.

Из равенства масс засыпки МКО и масс прессовки каждого слоя – выражение (1), рассчитав объемы кольцевых зазоров и объемы прессовок, можно определить наружные диаметры однослойных и многослойных ФМ:

для однослойного ФМ

$$D_1 = \sqrt{D_0^2 + \frac{\rho_{\text{укл } 1}}{\rho_1} (D_M^2 - D_0^2)}, \quad (2)$$

для двухслойного

$$D_2 = \sqrt{D_1^2 + \frac{\rho_{\text{укл } 2}}{\rho_2} (D_M^2 - D_1^2)}, \quad (3)$$

для  $n$ -слойного

$$D_n = \sqrt{D_{(n-1)}^2 + \frac{\rho_{\text{укл } n}}{\rho_n} (D_M^2 - D_{(n-1)}^2)}. \quad (4)$$

Полученные выражения (2) – (4) позволяют рассчитать наружные диаметры каждого напрессованного слоя.

Зная наружные диаметры  $D_1$ ,  $D_2$ , ...,  $D_n$  можно рассчитать толщины напрессованных слоев  $h_1$ ,  $h_2$ , ...,  $h_n$  и определить закономерности осаждения частиц загрязнений в многослойном ФМ и оценить степень очистки при заданной тонкости фильтрования.

Осаждение частиц в пористой среде описывается экспериментально установленной зависимостью Ивасаки [9]:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda C, \quad (5)$$

где  $C$  – объемная концентрация частиц загрязнений ( $C_0$  – начальная концентрация,  $C_n$  – концентрация на выходе из ФМ);  $x$  – направление движения очищаемой жидкости, м;  $\lambda$  – коэффициент фильтрования,  $m^{-1}$ .

Коэффициент фильтрования  $\lambda$  для волоконных ФМ равен

$$\lambda_B = \frac{4(1-\Pi)\eta_0\alpha}{\pi D_B}, \quad (6)$$

где  $\Pi$  – пористость,  $\eta_0$  – вероятность столкновения частиц загрязнений с пористым каркасом;  $\alpha$  – вероятность осаждения,  $D_B$  – диаметр волокна.

При проведении теоретических расчетов авторы [10] принимают  $\alpha = 1$ , а при определении значений  $\eta_0$  учитывают роль механизмов осаждения [10 – 14]:

$$\eta_0 = \eta_{\text{пр ст}} + \eta_{\text{ин}} + \eta_{\text{сед}} + \eta_{\text{диф}}, \quad (7)$$

где  $\eta_{\text{пр ст}}$ ,  $\eta_{\text{ин}}$ ,  $\eta_{\text{сед}}$ ,  $\eta_{\text{диф}}$  – соответственно, вероятности столкновения под действиями механизмов прямого столкновения, инерции, седиментации и диффузии.

Для многослойного ФМ уравнение Ивасаки (5) имеет вид [15]

$$C = C(x) = \begin{cases} C_0 e^{-\lambda_1(x-x_0)}, & x_0 \leq x \leq x_1; \\ C_1 e^{-\lambda_2(x-x_1)}, & x_1 \leq x \leq x_2; \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \\ C_{n-1} e^{-\lambda_n(x-x_{n-1})}, & x_{n-1} \leq x \leq x_n. \end{cases}, \quad (8)$$

где  $C_1, \dots, C_{n-1}$  – концентрация частиц загрязнений на выходе из первого, ...,  $(n-1)$ -го слоев, соответственно;  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_k, \dots, \lambda_n$  – коэффициент фильтрования первого, второго, ...,  $n$ -го слоев, соответственно.

Степень очистки  $\psi$  определяются выражением

$$\psi = 1 - C_n / C_0. \quad (9)$$

Рассмотрим процесс осаждения частиц загрязнений  $\text{SiO}_2$  ( $\rho_r = 2650 \text{ кг/м}^3$ ) размерами  $d = 10, 20$  и  $30 \text{ мкм}$  в двухслойных ФМ, полученных методом СИП при давлении прессования  $P$ , равном  $80 \text{ МПа}$ , на примере очистки моторного масла  $\text{M-10Г}_2$  ( $\rho_{\text{ж}} = 850,82 \text{ кг/м}^3$ ,  $\mu = 0,0119 \text{ Па}\cdot\text{с}$  при температуре  $T = 373 \text{ К}$ ), скорость фильтрования  $v_{\text{ф}} = 0,01 \text{ м/с}$ . При проведении расчетов предполагали, что технологическая оснастка для прессования состоит из металлического формообразующего стержня диаметром  $D_0 = 32 \text{ мм}$  и эластичной матрицы внутренним диаметром  $D_{\text{м}} = 50 \text{ мм}$ , а двухслойные ФМ изготовлены из МКО фракций  $(-0,2\dots+0,1)$ ,  $(-0,315\dots+0,2)$ ,  $(-0,4\dots+0,315)$  и  $(-0,63\dots+0,4)$  мм с размерами волокон  $D$ , равными  $100, 200, 300$  и  $400 \text{ мкм}$  соответственно.

Для проведения расчетов использовались ранее полученные экспериментальные данные для всех рассматриваемых фракций: плотность укладки  $\rho_{\text{укл}}$  [7], плотность прессовки  $\rho$  [16].

Используя выражения (6) – (8) были определены закономерности осаждения частиц загрязнений в двухслойных ФМ следующих фракций МКО: при тонкости очистки  $d = 10, 20$  и  $30 \text{ мкм}$  –  $(-0,63\dots+0,4)$  и  $(-0,4\dots+0,315)$ ,  $(-0,63\dots+0,4)$  и  $(-0,315\dots+0,2)$ ,  $(-0,4\dots+0,315)$  и  $(-0,315\dots+0,2)$  мм (рисунок 2), а также при тонкости очистки  $d = 10 \text{ мкм}$  –  $(-0,4\dots+0,315)$  и  $(-0,2\dots+0,1)$ ,  $(-0,315\dots+0,2)$  и  $(-0,2\dots+0,1)$  мм (рисунок 3).

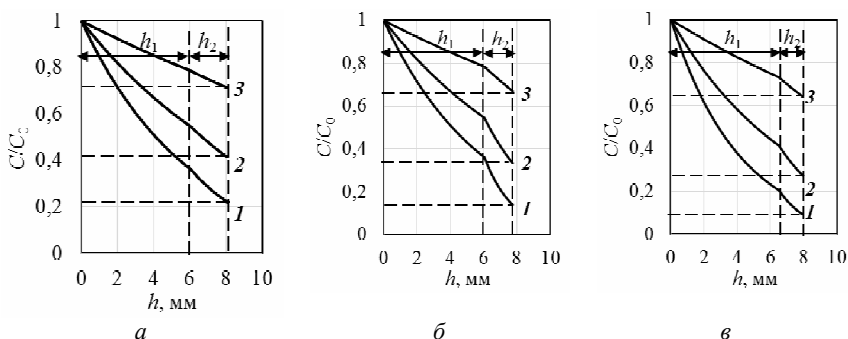


Рисунок 2 – Закономерности осаждения частиц загрязнений в двухслойных ФМ, получаемых методом СИП из МКО фракций: а –  $(-0,63\dots+0,4)$  и  $(-0,4\dots+0,315)$ ; б –  $(-0,63\dots+0,4)$  и  $(-0,315\dots+0,2)$ ; в –  $(-0,4\dots+0,315)$  и  $(-0,315\dots+0,2)$  мм (при тонкости фильтрования  $d$ : 1 –  $30 \text{ мкм}$ ; 2 –  $20 \text{ мкм}$ ; 3 –  $10 \text{ мкм}$ )

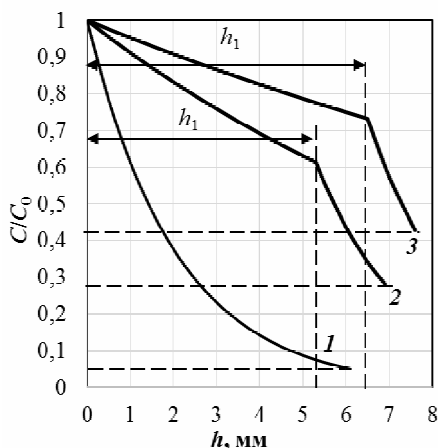


Рисунок 3 – Закономерности осаждения частиц загрязнений в однослойном ФМ фракции  $(-0,2...+0,1)$  мм (1) и двухслойных ФМ фракций  $(-0,4...+0,315)$  и  $(-0,2...+0,1)$  мм (2), и  $(-0,315...+0,2)$  и  $(-0,2...+0,1)$  мм (3) при тонкости фильтрования  $d = 10$  мкм

В таблице представлены результаты расчетов степени очистки  $\psi$  (9), концентрации загрязнений на выходе из ФМ  $C_n$  при требуемой тонкости фильтрования  $d$  для ФМ, получаемых из МКО методом СИП, различного фракционного состава с рассчитанными толщинами слоев  $h_1$  и  $h_2$ .

Таблица – Значения степени очистки при заданной тонкости фильтрования двухслойных ФМ, получаемых из МКО методом СИП

Фракционный состав ФМ, мм	$h_1$ , мм	$h_2$ , мм	$d$ , мкм	$C_n$	$\psi$
$(-0,63...+0,4)$ $(-0,4...+0,315)$	6,1	2,0	30	0,220	0,78
			20	0,413	0,587
			10	0,711	0,289
$(-0,63...+0,4)$ $(-0,315...+0,2)$	6,1	1,7	30	0,140	0,86
			20	0,335	0,665
			10	0,671	0,329
$(-0,4...+0,315)$ $(-0,315...+0,2)$	6,5	1,4	30	0,091	0,909
			20	0,273	0,727
			10	0,641	0,359
$(-0,4...+0,315)$ $(-0,2...+0,1)$	6,5	1,1	10	0,428	0,572
$(-0,315...+0,2)$ $(-0,2...+0,1)$	5,3	1,6	10	0,281	0,719

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что метод СИП позволяет изготавливать двухслойные ФМ из МКО различного фракционного состава. Однако использование таких ФМ, полученных методом СИП с применением традиционной оснастки, не позволяет достичь номинальной тонкости очистки  $\psi_{\text{ном}} = 0,95$  моторного масла М-10Г<sub>2</sub>: при тонкости фильтрования 30 мкм тонкость очистки  $\psi$  составляет 0,780–0,909; при тонкости фильтрования 20 мкм – 0,587–0,727; а при тонкости фильтрования 10 мкм – 0,289–0,719.

#### Список использованной литературы

1. Коваленко, В.П. Основы техники очистки жидкости от механических загрязнений / В.П. Коваленко, А.А. Ильинский. – Москва: Химия, 1982. – 277 с.
2. Григорьев, М.А. Очистка топлива в двигателях внутреннего сгорания / М.А. Григорьев, Г.В. Борисова. – Москва: Машиностроение, 1991. – 208 с.
3. Бродский, Г.С. Фильтры и системы фильтрации для мобильных машин / Г.С. Бродский. – Москва: «Журнал «Горная промышленность» Издатель НПК «ГЕМОС Лтд.», 2003. – 360 с.
4. Барышев, В.И. Повышение технического уровня и надежности гидропривода тракторов и сельхозмашин в эксплуатации: автореферат дисс. докт. техн. наук. / В.И. Барышев, МИИСП. – Москва, 1991. – 39 с.
5. Большаков, Г.Ф. Восстановление и контроль качества нефтепродуктов / Г.Ф. Большаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ленинград: Недра, 1982. – 350 с.
6. Коваленко, В.П. Загрязнения и очистка нефтяных масел / В.П. Коваленко. – Москва: Химия, 1978. – 304 с.
7. Капцевич, В.М. Особенности укладки медных волоконных отходов при засыпке в кольцевые зазоры при получении длинномерных фильтроэлементов методом СИП / В.М. Капцевич, В.К. Корнеева // Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия, сварка: матер. 12-й Междунар. науч.-техн. конф. (Минск, Беларусь, 25–27 мая 2016 г.). – Минск: Беларуская навука, 2016. – С. 81–84.

8. Ильющенко, А.Ф. Проницаемые материалы из медных кабельных отходов. Сообщение 2. Закономерности уплотнения медных волоконных отходов / А.Ф. Ильющенко, В.М. Капцевич, В.К. Корнеева // Порошковая металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2013. – Вып. 36. – С. 250–256.

9. Iwasaki, T. Some notes on sand filtration / T. Iwasaki // Jour. AWWA. – 1937. – № 29. – P. 1591-1602.

10. Yao, K. Water and Waste Water Filtration: Concepts and Application / K. Yao [et al.]. // Environmental Science and Technology. – 1971. – Vol. 5. – № 12. – P. 1105–1112.

11. Huang, Ch. Mechanism of Particle Impaction and Filtration by the Dry Porous Metal Substrates of an Inertial Impactor / Ch.-Hs. Huang, Ch.-J. Tsai. // Aerosol Science and Technology. – 2003. – № 37. – P. 486–493.

12. Yao, K. Water and Waste Water Filtration: Concepts and Application / K. Yao [et al.]. // Environmental Science and Technology. – 1971. – Vol. 5. – № 12. – P. 1105–1112.

13. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика / В.Г. Левич. – Москва: Государственное издательство физико-химической литературы, 1959. – 700 с.

14. Bliss, T. Suspended Solids Washing Overview / T. Bliss, M. Ostoja-Starzewski. // IPST Technical Paper Series Number 679. – 1997. – 13 p.

15. Капцевич, В.М. Проницаемые материалы из металлических волокон: свойства, технологии изготовления, перспективы применения / В.М. Капцевич, А.Г. Косторнов, В.К. Корнеева, Р.А. Кузин. – Минск: БГАТУ, 2013. – 380 с.

16. Ильющенко, А.Ф. Проницаемые материалы из медных кабельных отходов. Сообщение 3. Взаимосвязь структурных и гидродинамических свойств проницаемых материалов из медных волоконных отходов, полученных методом сухого изостатического пресования / А.Ф. Ильющенко, В.М. Капцевич, В.К. Корнеева // Порошковая металлургия: респ. межвед. сб. науч. тр. – Минск, 2014. – Вып. 37. – С. 121–126.

**Abstract.** The paper presents the results of calculations of the degree of cleaning of the lubricants at the required filtering fineness for the double-layer filter materials.

УДК 621.77.04:631.348

**Протьюко В.А.**<sup>1</sup>, аспирант;  
**Андрушевич А. А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Ващула А.В.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук  
<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,  
<sup>2</sup>ГУ «Белорусская машиноиспытательная станция»,  
п. Привольный, Минский р-н, Республика Беларусь

## **ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ПОЛЕВЫХ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены возможности применения аддитивных технологий для изготовления распылителей полевых опрыскивателей.*

**Введение.** Повышение урожайности сельскохозяйственных культур в современных условиях, невозможно без применения средств химизации. Эффективность применения пестицидов зависит от качества выполнения процесса химизации, определяемого равномерностью распределения препарата по обрабатываемому объекту, дисперсности факела распыла, густотой покрытия обрабатываемой поверхности, которое зависит от технического состояния полевых опрыскивателей [1]. Разнообразие технологий применения и состава пестицидов потребовало создания соответствующих средств распыления для качественного их выполнения.

**Основная часть.** Важным элементом конструкции опрыскивателей, определяющих качество и эффективность внесения средств химизации, являются распылители.

Использование распылителей в сельском хозяйстве обусловлено различными факторами, в том числе их конструкционными особенностями и используемыми материалами. Распылители (рисунок 1) изготавливают из разнообразных материалов и можно расположить в порядке уменьшения их износостойкости в следующей последовательности:

- износостойкая керамика;

- специальный химический пластик, относящийся к классу полиоксиметиленов (износостойкость в 2 раза меньше керамики);
- нержавеющая сталь (в 2 раза хуже специального пластика);
- латунь (в 30 раз хуже специального пластика).

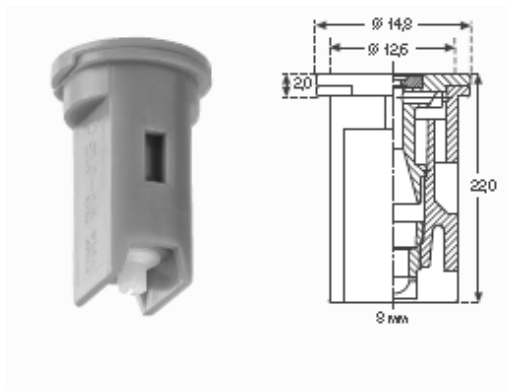


Рисунок 1 – Щелевой плоскофакельный распылитель полевого опрыскивателя

На сегодняшнем уровне развития современных технологий можно прибегнуть к аддитивным способам (AM) изготовления распылителей полевых опрыскивателей. Для каждого перечисленного материала, рассмотрим соответствующие технологии, со своими режимами и трудоёмкостью изготовления.

Для керамической 3D-печати применяется материал, который называется «прекерамическая резина» (pre-ceramic resin) [2]. Сущность этого способа заключается в том, что этот материал используют также, как и любой другой полимер, при помощи стереолитографии (SLA). Из этого материала можно создавать изделия сложных геометрических форм. После того, как объект выращен, его подвергают термообработке при температуре 980 °С, а в итоге получается готовое керамическое изделие. Оно устойчиво к образованию трещин и царапин, и может эксплуатироваться в агрессивных средах пестицидов.

При 3D-печати распылителей с использованием химического пластика (поликарбоната, полиамида и др.), по технологии моделирования послойного наплавления (FDM) и трехмерного послойного наплавления (FFF) используется высокоточное оборудование. –

3D-принтеры. Готовые изделия стойки к истиранию и выдерживают температуру до 100 °С, что оказывает влияние на их срок службы и равномерность качества распыла, но они уступают керамическим распылителям по сроку эксплуатации [3].

Для изготовления распылителей из порошков нержавеющей стали и латуни применяются схожие аддитивные технологии, и соответственно, трудоемкость изготовления будет примерно одинаковой. Широкое промышленное применение получили технологии (выборочное лазерное плавление) **SLM, SLS и DMLS**, каждая из которых основана на плавлении металлического материала [4,5]. Использование этих технологий дает возможность получать распылители, которые способны конкурировать с традиционными технологиями изготовления этих изделий методами и литья, и порошковой металлургии.

Металлический расплав получают с помощью высокочастотных лазеров высокой мощности, лазер работает на полную мощность (5-10 кВт по электроэнергии) все время, пока происходит формирование изделия. Это позволяет более детально проработать мелкие элементы изделия и можно получить более гладкую поверхность конечной детали. Рабочий слой металлического порошка примерно равен 0,1-0,2 мм. Для того чтобы сформировать ровные слои, толщиной около 100 мкм, необходима прецизионная механика и специальные монофракционные сферические порошки, применяемые, например, для порошковой наплавки. К порошкам для 3D печати предъявляются более высокие требования, так как порошки низкого качества обладают худшей текучестью при формировании наносимого слоя. Это является важным и может привести к отклонению от сферичности и шероховатости поверхности, что отрицательно сказывается на поверхностном слое получаемого изделия. Микроструктура изделия характеризуется тем, что кристаллы при лазерной плавке с 3D-принтером более мелкие и расположены в виде сетки, что является достоинством по сравнению с литой структурой.

Исходя из комплексного критерия оценки, равного отношению относительной стоимости изготовления и срока эксплуатации изделия, можно сделать вывод, что распылители из пластмасс имеют минимальную стоимость при небольшом сроке службы, а распыли-

тели из керамики характеризуются максимальной износостойкостью при некотором удорожании процесса АМ изготовления (в 3 раза, по сравнению с пластиком).

**Заключение.** Аддитивное производство открывает совершенно новые возможности конструирования и изготовления распылителей более сложной конфигурации и облегченной массы. Для массового выпуска изделий сравнительно простых форм, в обозримом будущем, по-прежнему будут применяться традиционные производственные технологии. Проведенные исследования показали возможность применения АМ для изготовления распылителей полевых опрыскивателей из различных материалов (керамики, пластмассы и др.), но их конечная себестоимость выше, чем у изделий, полученных по традиционным технологиям. Для производственных и ремонтных целей агропромышленного комплекса в единичном производстве применение аддитивных технологий в ряде случаев совершенно оправданно при снижении, в перспективе, стоимости применяемого оборудования.

#### Список использованной литературы

1. Крук И.С. Монография. Способы и технические средства защиты факела распыла от прямого воздействия ветра в конструкциях полевых опрыскивателей / И.С. Крук, Т.П. Кот, О.В. Гордеенко. - Минск: БГАТУ, 2015. - 284 с.

2. Электронный ресурс: «Ремком» <https://remkom.by/>

3. Электронный ресурс: «3D Today» <https://3dtoday.ru/> «Обзор высокотемпературных FDM-пластиков для промышленной 3D-печати» 12.01.18

4. Интернет ресурс: 3DP.ru Энциклопедия 3-D печати «Материалы для 3D-печати» 20.12.2012

5. Электронный ресурс: свободная энциклопедия «Википедия» <https://ru.wikipedia.org>

6. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении /М.А. Зленко, А.А. Попович, И.Н. Мутылина. –СПб, 2013. с. 78.

**Abstract.** In the article the possibility of applying additive technologies for the manufacture of sprays for field sprayers.

УДК 631.3.004

**Терентьев В.В.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Шемякин А.В.**, доктор технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический  
университет», г. Рязань, Российская Федерация

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КОРРОЗИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ ТЕХНИКИ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены причины образования очагов коррозионного разрушения в период длительного хранения сельскохозяйственной техники на открытых площадках.*

Обеспечение сохранности сельскохозяйственной техники от агрессивного влияния окружающей среды в процессе длительного хранения является одной из основных для эксплуатационной службы предприятий агропромышленного комплекса [1]. Объективная реальность свидетельствует о том, что срок службы техники и оборудования в сельском хозяйстве значительно меньше, чем в других областях народного хозяйства [2]. В АПК существенное число машин и агрегатов, эксплуатируемых в растениеводстве, продолжительное время находятся на хранении или используются в довольно сжатые сроки [3]. Наиболее надежным вариантом, практически исключаящим негативное воздействие климатических условий на технику, является ее хранение в закрытых помещениях, но у большинства хозяйств нет финансовой возможности обеспечить укрытие всех машин. Поэтому в помещениях хранят только наиболее дорогостоящую технику, а большая ее часть, как и раньше, в межсезонный период находится на открытых площадках. В современной практике для предупреждения развития коррозионных процессов на металлических конструкциях машин наиболее часто используются различные противокоррозионные составы, но, к сожалению, большинство из этих составов имеют крайне низкую эффективность при использовании в труднодоступных местах, например, в сварных и стыковых соединениях деталей машин [4]. Установлено, что коррозионные потери металла в стыковых и сварных соедине-

ниях составляют 340...350 г/м<sup>2</sup> в год, т.е. значительно выше потерь металла основных конструкций [5,6].

В работах Северного А.Э., Пучина Е.А. и других ученых приводятся сведения о том, что находящиеся в эксплуатации машины уже в начале второго сезона имеют изменения геометрических параметров рамы, разрушение резьбовых и сварных соединений [7]. Причинами этих изменений обусловлены не только тяжелыми условиями эксплуатации, но зачастую конструктивными и технологическими недостатками. Анализ дефектов, выявленных при испытаниях на машинно-испытательных станциях показал, что подавляющее их число вызвано следующими причинами: отступлением от чертежных размеров (22,7%), дефектами сборки (22,1%) и дефектами сварки (12,3%) [8].

Исследования по определению влияния коррозионных процессов на конструктивные элементы комбайнов свидетельствуют о том, что практически во всех металлических конструкциях машин в ходе эксплуатации и хранения появляются коррозионные трещины от нескольких миллиметров до десятков миллиметров [9-11], в которых скапливаются влага и грязь, и, как следствие, происходит появление новых очагов коррозии [12].

Причины разрушения сварочных швов обусловлены рядом особенностей, характерных сварным соединениям, а также и специфическими условиями эксплуатации машин в сельском хозяйстве.

Известно, что в соединении в процессе сварки возникают структурная, химическая и механическая неоднородности. Наличие этих видов неоднородностей в сварных соединениях углеродистых сталей является причиной коррозионного разрушения сварного шва и околошовной зоны, т.е. в зонах, наиболее подверженных теплофизическому и химико-металлургическому воздействию процесса сварки, в отличие от основного металла сварного соединения, не подверженного такому воздействию. Кроме этого в результате сварки образуются остаточные сварочные напряжения, возникают концентраторы напряжений в местах перехода сварного шва к основному металлу, что способствует снижению статической и динамической прочности сварных соединений [13,14].

Среди эксплуатационных причин, вызывающих разрушение сварочных швов, можно выделить следующие:

- неровный профиль дорог, по которым комбайны осуществляют перемещения при уборочных работах;
- неблагоприятные климатические условия (нередко комбайнам приходится работать в условиях осенней распутицы);
- сжатые сроки уборки, вынуждающие осуществлять работу на форсированных режимах.

Возникновение коррозионно-усталостных трещин в процессе эксплуатации техники объясняется тем, что на протяжении длительного времени хранения машины подвержены атмосферной коррозии в сочетании с действующими статическими нагрузками и остаточными сварочными напряжениями, и только в течение непродолжительного временного отрезка (около 10 % календарного времени) на элементы машин, прокорродировавшие в процессе хранения, оказывают действие рабочие нагрузки [15].

Как показали исследования ухудшения состояния техники при хранении наиболее интенсивному коррозионному воздействию при нахождении машин в условиях открытого хранения подвергаются стыковые и сварные соединения и по этой причине происходит до 80% отказов техники, связанных с коррозионно-усталостным разрушением узлов [16].

Для снижения вероятности выхода техники из строя, вызванного не эксплуатационными причинами, необходима разработка и внедрение в технологический процесс подготовки машин к хранению нового консервационного состава, позволяющего обеспечить надежную изоляцию различных соединений конструктивных элементов машин от влияния внешних негативных факторов в период продолжительного хранения на открытых площадках. Применение для этих целей существующих консервационных материалов не позволяет исключить коррозионный процесс, протекающий в самих соединениях, так как консервант наносится только на их наружные поверхности. Разрабатываемый состав должен обеспечивать возможность проникновения консерванта в микрозоры, а также создавать надежную изоляцию обрабатываемого соединения.

#### Список использованной литературы

1. Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве / Н.В. Бышов [и др.] – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – 95 с.

2. Андреев, К.П. Хранение сельскохозяйственной техники: проблемы и решения / К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1. – С. 11-14.

3. Мелькумова, Т.В. Повышение сохранности резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин, К.П. Андреев // Сельский механизатор – 2018. – № 2. – С. 36-38.

4. Борычев, С.Н. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии / С.Н. Борычев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, И.А. Киселев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 90-94.

5. Десятов, Ю.В. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении / Ю.В. Десятов, В.В. Терентьев, М.Б. Латышенок // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. -Рязань, 1998. -С. 184-185.

6. Латышёнок, М.Б. Ресурсосберегающая технология консервации сельскохозяйственных машин / М.Б. Латышёнок, В.В. Терентьев, С.Г. Малюгин // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов. – Рязань, 1999. – С.98-101.

7. Пучин Е.А. Противокоррозионная защита сварных конструкций зерноуборочных комбайнов при эксплуатации: дис. канд. техн. наук // Е.А. Пучин. – Москва, 1988. – 176 с.

8. Терентьев В.В. Разработка установки для двухслойной консервации сельскохозяйственной техники и обоснование режимов ее работы: дис. ... канд. техн. наук // В.В. Терентьев. – Рязань, 1999. – 173 с.

9. Терентьев, В.В. К вопросу местной консервации сельскохозяйственной техники / В.В. Терентьев, Ю.В. Десятов, М.Б. Латышенок // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 185-186.

10. Терентьев, В.В. Анализ ухудшения сельскохозяйственной техники в период хранения / В.В. Терентьев, М.Б. Латышенок // Сб. Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК. Материалы науч.-практ. конф., посвященной 165-летию со дня рождения П.А. Костычева. – Рязань, 2010. – С. 23-26.

11. Морозова, Н.М. Методика оценки технологии хранения сельскохозяйственных машин / Н.М. Морозова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сб.: Инновационное развитие современного агропромышленного комплекса России. Материалы нац. науч.-практ. конф. – Рязань, 2016. – С. 140-144.

12. Шемякин, А.В. Повышение эффективности противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственных машин консервационными материалами / А.В. Шемякин [и др.] Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск, 2016. – № 2. – С. 87-91.

13. Шемякин, А.В. Применение метода катодной протекторной защиты для снижения потерь металла при хранении сельскохозяйственной техники / А.В.Шемякин, В.В. Терентьев, Н.М. Морозова, С.А. Кожин, А.В. Кирилин // Вестник РГАТУ. – 2016. – № 4 – С. 93-97.

14. Зарубин, И.В. Применение метода катодной протекторной защиты для противокоррозионной защиты стыковых и сварных соединений сельскохозяйственного оборудования / И.В.Зарубин, М.Б. Латышенко, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб.: Вавиловские чтения: материалы Международной научно-практической конференции. -Саратов, 2010.-Т.3 -С. 299-300.

15. Морозова, Н.М. Принципы организации выполнения работ по проведению подготовки и хранению зерноуборочных комбайнов / Н.М. Морозова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2013. – С. 355-358.

16. Шемякин, А.В. Способ повышения срока эксплуатации сельскохозяйственной техники / А.В. Шемякин, М.Б. Латышёнок, В.В. Терентьев // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск, 2017. – № 1. – С. 50-56.

**Abstract.** The article deals with the causes of corrosion damage foci formation during long-term storage of agricultural machinery in open areas.

УДК 621.923

**Акулович Л.М.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;

**Сергеев Л.Е.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Шабуня В.В.**<sup>1</sup>; **Дубновицкий С.К.**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Филиал УО «Брестский государственный технический университет»

Пинский индустриально-педагогический колледж,

г. Пинск, Республика Беларусь

## **ВЛИЯНИЕ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ**

***Аннотация.** Рассмотрен метод повышения коррозионной стойкости деталей из легированных сталей путем формирования микропрофиля их поверхностей финишной магнитно-абразивной обработкой.*

В результате коррозии металл теряет свои физико-механические свойства (прочность, пластичность), вследствие чего выходят из строя оборудование, машины, механизмы, разрушаются металлические конструкции. Полностью предотвратить коррозию металлов невозможно, поэтому единственным путем борьбы с ней является поиск способов ее замедления [1].

В настоящее время борьбу с коррозией ведут сразу в нескольких направлениях – пытаются изменить среду, в которой работает металлическое изделие, повлиять на коррозионную устойчивость самого материала, предотвратить контакт между металлом и агрессивными веществами внешней среды. Коррозионную стойкость сталей можно повысить введением в их состав специальных легирующих элементов, нанесением защитных покрытий, пассивацией и т.п.[1]. Коррозионная стойкость деталей машин определяется показателями качества их поверхностей, которые формируются в основном на финишных операциях обработки. Показатели качества поверхности могут также зависеть и от предшествующих операций, т.к. при механической обработке имеет место технологическая на-

следственность [2, 3]. Одним из основных показателей качества поверхностей, влияющих на коррозионную стойкость, является шероховатость поверхности.

Известно [4], что рабочие поверхности деталей машин в зависимости от способа обработки имеет разную шероховатость. Финишные способы обработки обеспечивают наименьшую шероховатость поверхностей, что повышает их коррозионную стойкость. В связи с этим, представляет интерес определить влияние шероховатости поверхности, полученные разными способами обработки, на коррозионные свойства. Рассмотрим это влияние на примере внутреннего кольца подшипника.

Классические способы финишной обработки поверхностей колец подшипников – шлифование, суперфиниширование [5, 6]. Однако указанные виды обработки сопровождаются рядом факторов, (тепловые, износ абразивного инструмента и др.), которые приводят к снижению точности обработки, а также вызывают изменение физико-механических свойств поверхностного слоя, в частности, за счет появления неоднородности структуры и твердости [7]. Указанные дефекты существенно снижают качество поверхностей деталей, и, как следствие, коррозионную стойкость.

Одним из перспективных способов финишной обработки поверхностей деталей являются способы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива, к которой и относится магнитно-абразивная обработка (МАО) [8, 9].

Экспериментальные исследования проводились на образцах колец подшипников (материал ШХ15 ГОСТ801-78) после токарной обработки, шлифования и МАО.

МАО проводилась на станке модели СФТ 2.150.00.00.000. Параметры и режимы МАО: магнитная индукция  $B=1\text{Тл}$ ; скорость резания  $V_p=2,5\text{ м/с}$ ; скорость осцилляции  $V_0=0,2\text{ м/с}$ ; амплитуда осцилляции  $A=1\text{ мм}$ ; коэффициент заполнения зазора  $k_3=1$ ; величина рабочего зазора  $\delta=1\text{ мм}$ ; время обработки  $t=120\text{ с}$ . Для МАО поверхности внутреннего кольца подшипника использовали ФАП – на основе боридов железа, зернистостью  $\Delta=100/160\text{ мкм}$ . Смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС) – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5% водный раствор. Исходная шероховатость поверхности кольца подшипника  $Ra_1=0,8\text{-}1\text{ мкм}$ . Полученные данные

по показателям коррозионной стойкости сравнивались с аналогичными параметрами при шлифовании [7].

Методика проведения эксперимента по определению коррозионной стойкости обработанных поверхностей: внутреннего кольца подшипника включала ускоренные испытания при периодическом или полном погружении в 20%-ый водный раствор NaCl при температуре 20°C на 288 часов. При оценке коррозионной стойкости использовали качественные показатели [10], такие как изменение внешнего вида поверхности металла. При этом визуально оценивали цвет, потускнение поверхности; наличие и распределение видимых коррозионных дефектов и др. Для определения количества и местоположения дефектов применяли сетку - шаблон с квадратами 5 × 5 мм, изготовленную из пластика, которую накладывали на испытуемый образец.

На рисунке 1 представлены фотографии колец подшипников, которые подвергались испытаниям на коррозионную стойкость. На фотографиях прослеживается кинетика развития коррозии на испытуемых образцах, обработанных методом MAO (рисунок 1 б; 1 в; 1 г).



Рисунок 1 – Фотографии образцов внутреннего кольца подшипника, обработанного методом MAO и подвергнутый испытанию через определенное время:

а – до начала эксперимента, б – через 120 часов, в – через 192 часов,  
г – через 288 часов

Интенсивность развития коррозии отражена в таблице 1 при различных методах обработки. Вместе с тем на развитие коррозии может оказывать влияние технологическая наследственность, поэтому в исследованиях учитывались и интенсивность коррозии после токарной обработки.

Таблица 1 – Интенсивность развития коррозии кольца подшипника в зависимости от времени погружения их в раствор

Время проведения эксперимента, час.	Площадь, занимаемой поверхностью коррозией, %		
	после токарной обработки	после супер-финиширования	после МАО
20	14	6	3
60	29	16	8
120	51	24	13
192	60	28	16
288	71	33	18

В процессе обработки деталей на их поверхности формируются неровности – отклонения от геометрической формы (волнистость, шероховатость и др), которые и определяют топографию поверхности. Топография обработанных поверхностей зависит от способа механической обработки, геометрии инструмента, режимов резания. На рисунке 2 представлены топографии поверхностей после токарной обработки (рисунок 2 а), после шлифования (2б) и МАО (рисунок 2 в).

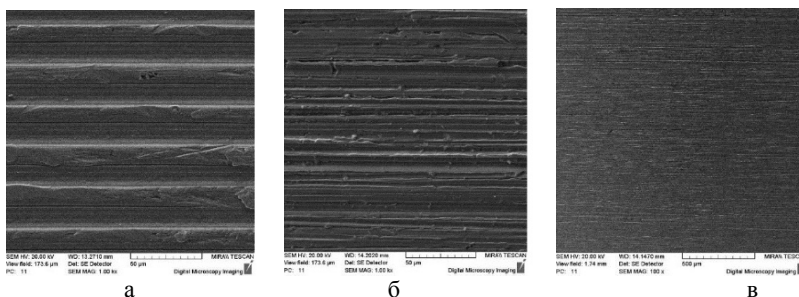


Рисунок 2 – Топографии поверхностей исследуемого образца: а – после токарной обработки, б – после шлифования, в – после МАО (увеличение x50)

На рисунке 3 представлены профилограммы поверхностного слоя после шлифования и MAO.

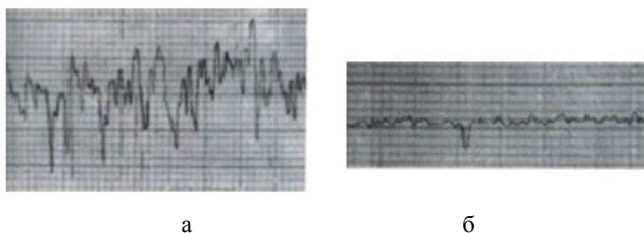


Рисунок 3 – Профилограммы поверхностного слоя кольца подшипника:  
а – после шлифования; б – после MAO

На поверхности после токарной обработки (рисунок 2а) остались неровности в виде впадин и гребешков. Шероховатость поверхности зависит от режимов обработки, геометрии режущей кромки инструмента и т.д.

Характер неровностей и профилограмма поверхности после шлифования (рисунок 2 б; 3 а) представляет собой множество параллельно расположенных царапин, произведенных абразивными зернами, находящимися на периферии шлифовального круга. Зерна, участвующие в процессе шлифования, имеют разную степень износа, что приводит к неоднородности получаемой шероховатости поверхности. Особенностью шлифования является наличие на поверхности четко выраженных впадин. Данные впадины создаются острыми зернами, копирующими свой профиль на поверхность.

В процессе MAO поверхность формируется частицами ФАП приблизительно равного размера, контактирующей с поверхностью в различных местах и под произвольным углом. Количество единичных взаимодействий, приходящихся на участок поверхности, определяет глубину образующейся на нем впадины. В результате, характер неровностей и профилограмма поверхности после MAO (рисунок 2 в; 3 б) имеет случайный характер не только по площади, но и по амплитуде.

В ходе исследований установлено, что образец кольца подшипника после MAO, выдержавший 228 часов испытаний в 20% растворе NaCl, имеет 18% коррозионных поражений на поверхности (коррозия была выявлена лишь на рабочем участке внутреннего

кольца подшипника). Анализ результатов эксперимента показывает, что МАО повышает коррозионную стойкость поверхности внутреннего кольца подшипника в 1,83 раза.

#### Список использованной литературы

1. Михайловский, Ю. Н. Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты / Ю. Н. Михайловский – М.: Metallurgia, 1989.
2. Горленко О. А. Технологическое обеспечение геометрических параметров качества поверхности на основе учета закономерностей технологической наследственности. — В кн.: Метрология и свойства обработанных поверхностей. М., Изд-во стандартов, 1977.
3. Ящерицын П.И. Технологическая наследственность и эксплуатационные свойства шлифованных деталей. Минск, 1971.
4. Зрунек М. Противокоррозионная защита металлических конструкций. М.: Машиностроение, 1984.
5. Ящерицын П.И., Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей / П.И. Ящерицын., А.К. Цокур, М.Л. Еременко – Минск: Наука и техника, 1973.
6. Захаров, О.В. Технология и оборудование бесцентрового суперфиниширования / О.В. Захаров – Саратов: Учебное пособие, 2007.
7. Игнатъев, С.И. Обеспечение качества обработки поверхностей качения колец подшипников на основе контроля динамического состояния шлифовальных станков по стохастическим характеристикам виброакустических колебаний: автореф. дис... канд.техн.наук./ С.И. Игнатъев; Саратовский государственный технический университет. – Саратов,2001.
8. Барон, Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. Л.: Машиностроение, 1975.
9. Кожуро Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Кожуро Л.М., Чемисов Б.П.; Под ред. Н.Н.Подлекарева. –Минск: Наука и техника, 1995.
10. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости ГОСТ 9.908-85. Введ. 01.01.1987. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.

**Abstract.** A method for increasing the corrosion resistance of parts made of alloyed steels by forming a micro-profile of their surfaces by finishing magnetic-abrasive processing is considered.

УДК 621.923

**Акулович Л.М.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Сергеев Л.Е.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Сенчуров Е.В.<sup>1</sup>**, начальник отдела внедрения НТР;  
**Дубновицкий С.К.<sup>2</sup>**, директор

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Филиал УО «Брестский государственный технический университет»  
Пинский индустриально-педагогический колледж,  
г. Пинск, Республика Беларусь

## **СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО НА ОСНОВЕ ЛИГНОСУЛЬФОНАТОВ ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ**

***Аннотация.** Предложена рецептура и состав смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) на основе лигносульфонатов технических для магнитно-абразивной обработки деталей из сталей и алюминиевых сплавов. Установлено, что по совокупности характеристик предлагаемый состав СОТС не уступает или превосходит существующие.*

Смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС), используемые при магнитно-абразивной обработке (МАО), непосредственно влияют на характеристики макро- и микрогеометрии обрабатываемой поверхности изделий, и, следовательно, определяют их износ- и коррозионную стойкость [1, 2]. При МАО предпочтение отдается СОТС с высокими смазывающей, охлаждающей и диспергирующей способностями, которые зачастую обеспечиваются содержанием в их составе полимерных соединений типа солей и эфиров сульфонатов.

При этом особый интерес вызывает наличие и поведение комплексообразователей, регулирующих радикализацию свойств и структуру лиганда СОТС. Данная лиганд представляет собой комплексное соединение молекул, непосредственно связанные с центральным атомом [3, 4]. Решение вопроса регулирования процессом резания при МАО связано с правильным сочетанием и концен-

трацией комплексообразователей СОТС и присутствием различных заместителей как из одного, так и из нескольких гомологических рядов. Изменение значений молекулярной массы в пределах одного состава химического соединения обеспечивает либо инициирование, либо замедление, например, степень гель-эффекта, что крайне важно для реализации процесса MAO.

Усложненная структура макромолекулы и наличие различных функциональных групп позволяют использовать такое химическое соединение как лигносульфонаты в реакциях синтеза и комплексообразования. Лигносульфонаты технические жидкие (ЛСТ) марки А ТУ 2455-028-00279580-2004 представляют собой однородную густую жидкость темно-коричневого цвета и являются побочным продуктом переработки древесины, включающем в себя смесь натриевых и магниевых солей лигносульфоновых кислот (с примесью редуцирующих и минеральных веществ), получаемых из щелоков бисульфитной варки целлюлозы. Будучи водорастворимыми в любых соотношениях, ЛСТ обладают универсальными свойствами поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Процесс резания материалов при MAO носит сложный характер, и по данной причине требует детального исследования при использовании лигносульфонатов, как одного из компонентов СОТС. Правило, которым следует пользоваться при создании подобных композиций как СОТС в частности является то, что рост поверхностно-активных свойств неионогенных и ионогенных ПАВ тем выше, чем больше разность в значении критической концентрации мицеллообразования (ККМ) исходных компонентов. Особенностью лигносульфонатов является необратимость образования полимеризатов при условии высокой температуры и понижении показателя pH. Недопустимость столь глубокой полимеризации связана с тем, что полученные таким путем продукты с очень высокой молекулярной массой выпадут из раствора СОТС, создавая трудноудаляемые органические отложения. В целом это приводит к изменению качественного состава при возрастании доли менее полимерных фракций в СОТС и снижению вязкости, приводя к потере ее оптимального значения. Также полимеризация сопровождается отщеплением функциональных групп или структурных элементов, приводящим к новообразованию летучих органических веществ, главным представителем которых является уксусная кислота. Посколь-

ку процесс MAO реализуется в определенном динамическом режиме, то рост давления интенсифицирует окислительно-деструкционные реакции и кислотность конденсатов резко возрастет. Для исключения подобного поведения требуется создание достаточно узкого коридора зоны показателя pH равного 7,5...8,5. Это обеспечивается использованием при подготовке концентрата СОТС операции этерификации и модифицирования за счет присутствия триэтаноламиновых эфиров синтетических жирных кислот (СЖК) фракции  $C_7-C_9$ .

С целью установления эффективности MAO при использовании различных составов СОТС, были предложены и экспериментально исследованы химические составы (таблица 1), физико-химические свойства которых представлены в таблице 2.

Таблица 1 – Химический состав СОТС на основе лигносульфонатов

Компонент	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Триэтаноламиновые эфиры СЖК фракции $C_7-C_9$	65	70	75
Лигносульфонат	7,5	10	12,5
Нитрит натрия	2	2	2
КОН	2	2	2

*Примечание:* Вода во всех составах до 100 мас.%.

Таблица 2 – Физико-механические свойства различных составов СОТС на основе лигносульфонатов

Показатель	Состав СОТС			
	1	2	3	СинМА-1
Вязкость кинематическая при 50°C, мм <sup>2</sup> /с	38,7	41,0	42,7	40,5
pH 3%-ого раствора	8,2-8,6	8,0-8,5	8,5-8,7	8,5-8,7
Склонность к пенообразованию, см <sup>3</sup>	до 450	до 500	до 450	до 500
Устойчивость пенообразования, см <sup>2</sup>	до 120	до 150	до 130	до 150
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1,0	1,1	1,05	1,1

Образцами являлись заготовки  $D \times d \times l = 32 \times 28 \times 30$  мм, материал образцов – сталь ШХ15 ГОСТ 801-78, 20 ГОСТ 1050–88, алюминиевый сплав Д16 ГОСТ 4784-97. Оборудование – станок магнитно-абразивный модели ЭУ-1. Режимы и параметры процесса MAO: величина магнитной индукции  $B=0,9$  Т; скорость резания

$V_p=2,1-2,4$  м/с; скорость осцилляции  $V_0=0,2$  м/с; амплитуда осцилляции  $A=1-3$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $K_3=1$ ; величина рабочего зазора  $\delta=1$  мм при его концентричности; время обработки  $t=180$  с. Исходная шероховатость образцов,  $Ra_1=1,6-2,0$  мкм. В качестве ферроабразивного порошка применялся ФТ-2, размерность зерна,  $\Delta=200/315$  мкм. СОТС – СинМА-1 ТУ 38.5901176–91, 3% водный раствор (базовый), составы 1, 2 и 3 (таблица 1), расход СОТС – 60 мл/мин. Производительность процесса оценивалась по величине удельного массового съема,  $мг/см^2 \times мин$ . Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Производительности процесса MAO при различных видах СОТС

Вид СОТС	Величина удельного массового съема обрабатываемых материалов, $мг/см^2 \cdot мин$		
	ШХ15	Д16	сталь 20
СинМА-1	10,31	6,25	12,35
Состав 1	6,12	4,78	8,07
Состав 2	10,55	7,39	11,74
Состав 3	7,44	5,31	7,98

Анализ полученных результатов показывает, что новый состав СОТС для MAO деталей машин из сталей 20 и ШХ15, а также алюминиевого сплава Д16 на основе триэтаноламиновых эфиров СЖК фракции  $C_7 - C_9$  и лигносульфонатов технических, которые характеризуется доступностью исходных материалов, простотой технологического процесса изготовления и эффективностью использования. Товарная стоимость концентрата нового вида СОТС в 2-3 раза ниже по отношению к стоимости СинМА-1. Уровень удельного массового съема при MAO образцов для состава СОТС 2 по сравнению с СинМА-1 составил: для стали ШХ15 – 102%; для стали 20 – 95%; для алюминиевого сплава Д16 – 118%.

#### Список использованной литературы

1. Маталин, А. А. Технологические методы повышения долговечности деталей машин / А. А. Маталин. – Минск: Тэхніка, 1971. – 144 с.
2. Миронов, А. М. Повышение эффективности магнитно-абразивной обработки зубчатых колес механическим уплотнением

ферроабразивного порошка в рабочей зоне : дис. ... канд. техн. наук : 05.03.01 / А. М. Миронов. – Минск : 2007. – 153 л.

3. Киселев, Ю. М. Химия координационных соединений / Ю. М. Киселев – М.: Интеграл-Пресс, 2008. – 728 с.

4. Ершов, Ю. А. Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов в 2 кн. Книга 1 : учебник для вузов / Ю. А. Ершов, В. А. Попков, А. С. Берлянд. – 10-е изд., испр. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2017. — 215 с.

**Abstract.** A formulation and composition of a lubricating-cooling technological agent based on technical lignosulfonates for magnetic abrasive processing of parts made of steels and aluminum alloys is proposed. It has been established that the proposed composition of the lubricating-cooling technological equipment is not inferior to or superior to the existing ones in terms of the combination of characteristics.

УДК 336.5

**Михайловский Е.И.**, кандидат экономических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВОВ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ**

***Аннотация.** Предложена методика формирования системы резервов снижения затрат материальных ресурсов для повышения эффективности экономики предприятий.*

Потенциальные возможности – резервы снижения затрат и повышения эффективности использования материальных ресурсов образуют систему, элементы которой находятся между собой в определенных качественных и количественных соотношениях [1, 2].

Систему резервов условно можно подразделить на две образующие территориальную подсистему резервов основные группы: группу резервов, реализуемых производителями и образующих

производственную подсистему резервов, и группу резервов, реализация которых осуществляется в рамках определенной территории.

Проблемы материалосбережения и эффективности требуют системного подхода к имеющимся здесь резервам. Системность заключается прежде всего в том, что рациональность затрат материальных ресурсов при производстве продукции должна оцениваться путем их сопоставления с конечным результатом. Причем такое сопоставление является обязательным для каждого из этапов производства и необходимыми для них материальными ресурсами.

Система резервов интенсификации материалосбережения и эффективности должна носить производственно-территориальный характер. Производственная подсистема включает резервы, которые должны выявляться и могут быть реализованы на этапе научно-исследовательской, опытно – конструкторской и технологической подготовки производства; производительного потребления материальных ресурсов и использования производственного результата.

Территориальная подсистема объединяет резервы сбережения и эффективности использования материальных ресурсов при их транспортировке, хранении в виде запасов, подготовке к производственному потреблению и утилизации.

Важнейшим резервом, использование которого позволяет получить принципиальный ответ о рациональности материальных затрат, является оценка целесообразности намечаемого производственного результата с точки зрения объективных потребностей экономики.

Научное обоснование необходимости расхода того или иного материального ресурса для удовлетворения объективной потребности экономики является обязательным элементом интенсивного материалосбережения и эффективного материалопользования. Однако его одного недостаточно для того, чтобы на практике расход материального ресурса был минимальным и эффективным.

Не менее важно знать, какой именно вид материального ресурса и какое его количество способны с наибольшим эффектом обеспечить достижение намеченного результата. Эти задачи должен решать конструктор совместно с экономистом.

Важность этого производственного этапа заключается в том, что здесь формируются текущая и перспективная потребности экономики в сырье и материалах. Их величина зависит от того, насколько полно использует конструктор полезные свойства ресурса, какие задачи он ставит перед его производителями по совершенствованию свойств и разработке новых видов материалов. Материалосберегающая деятельность конструктора проявляется не только в снижении конструктивной материалоемкости, но и создании предпосылок для более эффективного использования материальных ресурсов в технологических процессах производства, при эксплуатации изделия.

Однако на практике резервы конструктивной группы используются недостаточно полно, так как конструктор не заинтересован во всесторонней проработке вопросов эффективного использования материалов в проектируемом им изделии. Его заработная плата зависит в основном от двух факторов: обеспечения функциональных параметров изделия и соблюдения установленных сроков проектирования. Конструктивная материалоемкость принимается во внимание только в степени требования заказчика, например, по массе конструкции. Конструктор материально не заинтересован в снижении материалоемкости изделия.

Второй причиной, которая снижает эффективность использования материальных ресурсов, является ограниченные возможности потребителей влиять на производителей материалов в части их химического состава, физико-механических свойств, других параметров, которые регламентированы стандартами или нормативными документами. Поэтому конструктор вынужден использовать только предписанные к применению этими документами материалы, что нередко приводит к увеличению конструктивной и эксплуатационной материалоемкости изделий.

С производственной подсистемой резервов интенсификации материалосбережения сопряжена территориальная подсистема, поскольку объем производственного потребления материальных ресурсов определяет объемы их транспортных потоков, запасов, особенности подготовки к производственному потреблению и утилизации отходов, т.е. определяет территориальные резервы сбережения материальных ресурсов.

Каждая из рассмотренных выше подсистем содержит как составную часть резервы снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов.

В производственной подсистеме о наличии резервов снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов можно судить исходя из следующего. Конструкционный материал в проектируемом изделии должен обладать рядом физико-механических свойств, делающих его пригодным с функциональной точки зрения, например, таких, как прочность, твердость, теплопроводность и др. Материал должен обладать также определенными технологическими свойствами: пластичностью, сопротивлением резанью и др.

Каждое из этих свойств определенным образом влияет как на результат от применения этого материала в изделии, так и на величину затрат, связанных с достижением этого результата:

$$C = C(U_i), \quad (1)$$

$$З = З(U_i), \quad (2)$$

где  $C$ ,  $З$  – соответственно результат и затраты, связанные с использованием материала;  $U_i$  – параметр, характеризующий  $i$ -е свойства материала.

В территориальной подсистеме также содержатся резервы, которые можно выявить, анализируя аналогичные по виду взаимосвязи между  $(З)$ ,  $(C)$  и  $(U_i)$ . Используя выражение (1), можно сформулировать условие целесообразности реализации того или иного резерва:  $\mathcal{E} = З_i / C_i$

Повышение эффективности использования конструкционного материала за счет того или иного резерва можно оценить величиной ее приращения, которая зависит от результата ( $З_i$ ) и затрат ( $C_i$ ), обусловленных реализацией  $i$ -го резерва:

$$\Delta \mathcal{E} = \mathcal{E}_c - \mathcal{E}_6, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_c$  – эффективность использования конструкционного материала в базовом (существующем) варианте;  $\mathcal{E}_6$  – эффективность использования конструкционного материала в сопоставляемом (проектируемом) варианте.

Из выражения (1) следует, что величина  $\Delta \mathcal{E}$  будет положительной, если рост результата ( $K_c = C_c / C_6$ ) будет выше

темпа роста затрат  $K_p = Z_c / Z_6$ , т. е.  $K_c > K_6$ .

Тогда, можно записать условие, при котором реализация того или иного резерва, например, использование нового конструкционного материала взамен применяемого будет оправданным:

$$Z_c > C_c \cdot \Delta_6, \quad (4)$$

Существенное значение для повышения эффективности использования конструкционных материалов имеют выявление и реализация резервов снижения их затрат как в процессе его конструкторской и технологической проработки, так и на стадиях производства. При этом необходимо иметь в виду, что целесообразность и результат реализации резервов снижения затрат во многом определяются длительностью периода, в течение которого эти резервы могут быть реализованы и величиной затрат на их реализацию. Границы задач исследования математически можно записать:

$$\sum Z_c = \min$$

при условии, что  $Z_{mc} < Z_{m6}$ ,  $\sum Z_c < \sum Z_6$ ,  $V_c = V_6$ ,

где  $Z_c$  – затраты, обусловленные использованием конструкционного материала в проектируемом варианте, т. е. в варианте, в котором предполагается реализовать те или иные резервы снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционного материала;  $Z_6$  – затраты, обусловленные использованием конструкционного материала в базовом (существующем) варианте;  $Z_{mc}$  – затраты конструкционного материала в проектируемом варианте;  $Z_{m6}$  – затраты конструкционного материала в базовом варианте;  $V_c$ ,  $V_6$  – объемы производства изделий в проектируемом и базовом вариантах.

Практика показывает, что, наиболее существенными резервами снижения затрат и повышения эффективности использования конструкционных материалов являются конструктивные, технологические и организационно-управленческие резервы.

Большой объем потребления материальных ресурсов, их ограниченность, возникающие экологические проблемы – все это требует новых подходов к решению проблемы снижения затрат материалов и повышения эффективности их использования в производстве.

В этих условиях все большее значение приобретает исследование возможностей более эффективного использования каждой единицы потребляемых материальных ресурсов.

Переосмысление подходов к использованию материальных ресурсов обусловлено в настоящее время не только тем, что растут удельные затраты на единицу полезного компонента из-за возросших затрат в разведке содержащих его природных ресурсов, их добычи, транспортировки, переработки. но и тем, что общество, соизмеряя объемы производственного потребления сырья и материалов с объемами получаемых в результате жизненных благ и экстраполируя выявленные соотношения на будущее, начинает все отчетливее осознавать объективную необходимость рационального использования природных ресурсов.

Проблема обеспечения производства материальными ресурсами, и конструкционными материалами в частности, становится все более важной.

При выборе конструкционного материала можно использовать, например, интегральный показатель, представляющий произведение индексов теоретических значений величин, характеризующих физико-механические и другие естественные и приобретенные свойства того или иного материала. Подобный показатель отражает потенциальную возможность материала как вещественной субстанции той или иной конструкции.

Другим важным с точки зрения рационального использования материальных ресурсов моментом является вопрос о соответствии расхода ресурса той общественной потребности, для удовлетворения которой он используется.

#### Список использованной литературы

1. Бабанов, В.Н. Логистика: управление производительным использованием материальных ресурсов / В.Н. Бабанов, В.М. Туляков. – Тула: Левша, 2001. – 110 с.
2. Бабанов, В.Н. Менеджмент: теория и практика управления / В.Н. Бабанов, Д.В. Воронкина. – М.: МАП, 2004. – 213 с.

**Abstract.** The method of formation of the system of reserves to reduce the cost of material resources to improve the efficiency of the economy of enterprises.

УДК 658.7.011.1

**Основин В.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Клавсуть П.В.**, старший преподаватель;  
**Вольский А.Л.**, старший преподаватель  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ОЦЕНКА ПОСТАВЩИКОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ АГРОСЕРВИСНЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ**

***Аннотация.** В статье рассмотрена методика оценки поставщиков материалов для агросервисных предприятий, осуществляющих услуги сельскохозяйственным предприятиям по постановке техники на хранение.*

Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 годы предусматривает дальнейшее обновление и дооснащение парка сельскохозяйственной техники в сельскохозяйственных организациях и развитие системы их технического обслуживания агросервисными предприятиями [1]. Рациональное разделение труда по обслуживанию техники между сельскохозяйственными организациями и агросервисными предприятиями является условием высокого качества проводимых работ, соблюдения требуемых сроков и снижения издержек.

Хранение сельскохозяйственных машин является составной частью планово-предупредительной системы технического обслуживания машинно-тракторного парка. Низкое качество хранения машин является одной из значимых причин их простоя и увеличивает на 35...50% затраты на поддержание работоспособности машин. В ходе мониторинга, проведенного Комитетом госконтроля в конце 2017 года и в начале 2018 года, выявлены факты ненадлежащего хранения сельхозтехники в 74% проверенных хозяйств [2]. Основной причиной является недостаточность в сельскохозяйственных организациях людских ресурсов для проведения работ, отсутствие специализированного оборудования и недостаточная квалификация исполнителей.

В РБ действует развитая система оказания агросервисных услуг через систему предприятий РО “Белагросервис”. Для них актуально повышение эффективности деятельности, в том числе и за счет расширения перечня оказываемых востребованных услуг.

Эти предприятия могут в порядке применения аутсорсинга в АПК взять на себя анализ существующей организации хранения техники в хозяйствах, разработку технологии хранения, обеспечение материалами, проведение работ на месте хранения с применением собственного специализированного оборудования. Это позволит сельскохозяйственному предприятию, владельцу сельскохозяйственной техники, сконцентрироваться на наиболее рентабельных видах своей деятельности и, при этом, обеспечить хранение техники в соответствии с требованиями ГОСТ 7751-2009 при низких издержках. Подобная практика подготовки техники к хранению используется на Украине – предприятие Техноторг, например, предлагает услуги по постановке техники на хранение и подготовке ее к новому сезону на достаточно приемлемых для сельхозпредприятий условиях [3].

Эффективность мероприятий по обеспечении хранения техники определяется применяемой технологией хранения, используемым оборудованием постановки на хранение и антикоррозионной защиты машин, используемыми материалами для проведения технологического и технического обслуживания машин при хранении.

Общие правила хранения машин и перечень операций по их техническому обслуживанию при хранении на предприятиях агропромышленного комплекса установлены ГОСТ 7751-2009 «Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения». Перечень консервационных материалов, нормы их расхода представлены в руководствах по эксплуатации сельскохозяйственной техники [4] и корректируются с учетом результатов мониторинга наличия новых материалов, реальных затрат материалов в условиях хозяйств для конкретных марок машин.

Процесс закупки представляет собой цепочку взаимосвязанных действий. Начальным этапом является составление заявок на материалы, а конечным – практическое поступление требуемых материалов в нужном количестве с соблюдением качества в заданные сроки и на приемлемых условиях. Выбор поставщика является важной компонентой успеха и устойчивости как агросервисных

предприятий, так и заказчиков услуги. Разнообразие и большое число потенциальных поставщиков материалов создаёт проблему ранжирования и отбора поставщиков, продукция которых с наибольшим эффектом обеспечит успешную производственно-сбытовую деятельность агросервисных предприятий. Решение задачи может быть реализовано в три этапа: выявление потенциальных поставщиков, анализ возможностей выявленных поставщиков, определение рейтинга и ранжирование выявленных поставщиков.

Для разработки информационной системы оценки поставщиков необходим выбор подхода к оценке поставщиков, наиболее отвечающего специфике работы агросервисного предприятия и характеру оказываемых услуг, в частности, услуг по постановке техники на хранение.

Метод доминирующих характеристик состоит в сосредоточении на одном из возможных критериев [5]. Таким критерием может быть: наиболее низкая цена материалов, наилучшее их качество, соблюдение графика поставок, и т.п. Достоинством метода является простота, а недостатком – игнорирование остальных факторов отбора. Квалиметрическая модель оценки полезности поставщика товаров и услуг формируется на основе применения методологии многокритериального рейтингования [6], и применима при большом количестве поставщиков и критериев, значительном финансовом эффекте от оптимального прогнозирования.

При управлении закупками материалов для обеспечения услуг по постановке сельскохозяйственной техники на хранение в рамках аутсорсинга наиболее применим метод рейтинговых оценок поставщиков. Это метод основан на ранжировании поставщиков в соответствии со значениями отобранных для анализа ключевых критериев [7]. Критерии оценки и отбора поставщиков материальных ресурсов зависят от требований потребителей логистической системы и расположены в порядке их приоритета: надежность поставки; качество материала; стоимость материалов с учетом затрат на их доставку; возможность внеплановых поставок; условия платежа; финансовое состояние поставщика. Приоритетность критериев выбора выбрана с учетом жестких сроков проведения работ и ограниченности рынка материалов, чувствительности эффективности применения материалов от их качества, относительно небольших капиталовложений в материал в связи с малым его расходом,

недостаточности оборотных средств у потребителей услуг и агро-сервисных предприятий, финансовой устойчивости поставщика.

Следующим этапом решения задачи выбора поставщика является оценка поставщиков по выбранным ранее критериям. При выборе удельный вес каждого критерия в общей их совокупности (таблица 1) и балльная оценка (например, по 10-балльной системе) поставщика по выбранному критерию (таблица 2) определяется экспертным путем.

Таблица 1 – Оценки критериев выбора поставщика антикоррозионных средств и сопутствующих материалов

Антикоррозионные материалы	№ критерия	Критерий выбора	Удельный вес критерия
Средство моющее Санторен, Лабомид, ПВК, солидол, ПФ-115, НГ-204, сольвент или уайт-спирит, пленка, проволочка вязальная, ветошь, спрей Loctite 7039, присадка к маслу АКOP-1	1	Надежность поставки	0,30
	2	Качество товара	0,25
	3	Цена	0,15
	4	Условия платежа	0,15
	5	Возможность внеплановых поставок	0,10
	6	Финансовое состояние поставщика	0,05
			ИТОГО:

Высчитывается значение рейтинга по каждому критерию путем произведения удельного веса критерия на его экспертную балльную оценку для данного поставщика. Далее суммируют полученные значения рейтинга по всем критериям и получают итоговый рейтинг для конкретного поставщика. Сравнивая полученные значения рейтинга для разных поставщиков, определяют наилучшего партнера. Если рейтинговая оценка дает одинаковые результаты для двух и более поставщиков по основным критериям, то процедуру повторяли с использованием дополнительных критериев.

Рассмотренные подходы применены при оценке поставщиков антикоррозийных средств в ассортименте, представленном в таблице 1. Анализ рынка поставщиков антикоррозийных материалов Республики Беларусь позволил выявить поставщиков с максимальной рейтинговой оценкой (таблица 2).

Таблица 2 – Рейтинговая оценка поставщиков

Поставщики	Материал	Номер критерия, его удельный вес и оценка в баллах для поставщиков						Рейтинг
		1	2	3	4	5	6	
		0,3	0,25	0,15	0,15	0,10	0,05	
ЗАО «ГД Хемикс», д. Новопо-лье	Средство моющее Санторен	8	9	9	7	7	5	8,0
РО «Белагросервис», г. Фаниполь	Лабомид, ПВК, солидол, ПФ-115, НГ-204, сольвент или уайт-сприт, пленка	9	9	9	8	7	6	8,5
ООО «ОМА», г. Минск	Проволока вязальная, ветошь, спрей Loc-tite 7039	9	7	7	7	5	5	7,3
ООО «АВОИЛ», г. Минск	Присадка к маслу АКOP-1	7	6	7	5	1	4	5,7

Взаимодействие с выбранными поставщиками материалов позволит снизить издержки на осуществление услуг по постановке техники на хранение, обеспечит высокое качество работ и повысит привлекательность этих услуг для сельскохозяйственных предприятий. Предложенные подходы в оценке поставщиков будут способствовать принятию обоснованных управленческих решений при создании системы управления производственными запасами.

#### Список использованной литературы

1. Государственная программа развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016-2020 г. [Электронный ресурс]. <http://www.mshp.gov.by/programms/a868489390de4373.html>. Дата доступа: 16.05.2018.
2. Пресс-центр Комитета госконтроля Республики Беларусь. [Электронный ресурс]. <http://www.kgk.gov.by/ru/news-press-center->

ru/view/bole-100-dol-zhnostnyx-lits-privlecheny-k-otvetstvennosti-za-neobespechenie-soxranosti-108771/. Дата доступа: 16.05.2018.

3. Техноторг. Новости. Сервис. [Электронный ресурс]. <https://www.technotorg.com/news/117>. Дата доступа: 16.05.2018.

4. Диагностика и техническое обслуживание машин/А.В.Новиков[ и др.]. - Минск: ИВЦ Минфина, 2013. -340с.

5. Бауэрсокс Доналд Дж., Клосс Дейвид Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок. 2-е изд. М.: ЗАО Олимп-Бизнес, 2008 г. - 640 с.

6. Анцев, В. Ю. Квалиметрическая оценка поставщиков/ В. Ю. Анцев, Е.Ю.Игнатенко, Н.И.Пасько //Известия ТулГУ, Технические науки-Тула, 2012.-Вып.1.-С.434-441.

7. Белый А. П., Лысенко Ю.Г., Макаров К.Г., Младых А.А. Комплексные оценки в системе рейтингового управления предприятием. - Донецк: ООО «Юго-Восток Лтд», 2003. – 120с.

**Abstract.** The article considers the method of evaluation of suppliers of materials for agricultural service enterprises that provide services to agricultural enterprises for the production of equipment for storage.

УДК 631.3

**Мелькумова Т.В.**, аспирант;

**Андреев К.П.**, кандидат технических наук, старший преподаватель;

**Шемякин А.В.**, доктор технических наук, доцент

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет»,  
г. Рязань, Российская Федерация*

## **ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ХРАНЕНИЯ НА СОХРАННОСТЬ РЕЗИНОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы оценки сохранности резинотехнических изделий в процессе длительного хранения техники. Представлен анализ значимости показателей резинотехнических изделий на работоспособность машин. Предложены мероприятия по повышению сохранности изделий из резины при хранении техники на открытых площадках.*

Современный уровень технического оснащения производства сельскохозяйственной продукции предъявляет новые требования к обеспечению сохранности техники в межсезонный период [1]. Вопросы влияния условий хранения на сохранность сельскохозяйственных машин рассматриваются в научных публикациях многих авторов: Ю.В. Десятова [2], М.Б. Латышенка [3], Н.М. Морозовой [4], В.В. Терентьева [5-7], А.В. Шемякина [8,9] и других ученых.

В настоящее время низкие темпы обновления машинно-тракторного парка и интенсификация его старения в сложных финансово-экономических условиях диктуют необходимость ужесточения требований к надежности, в том числе к сохранности техники, особенно содержащейся на длительном хранении. Наиболее важными характеристиками резинотехнических изделий (РТИ), по которым оценивают их работоспособность, долговечность и сохранность на машинах являются гарантийный срок службы (гарантийная наработка) и ресурс работы изделий. Гарантийные сроки службы РТИ на сегодняшний день, в основном, имеют значение от 3 до 7 лет, что явно недостаточно для обеспечения их надежности и долговечности. Распределение отказов и повреждений РТИ по видам изделий в процессе длительного хранения (от суммарного их выхода) представлены на рисунке [10].

В процессе длительного хранения резинотехнических изделий на открытых площадках под действием световой радиации и озона воздуха, происходит старение резины, значительно изменяются ее физико-механические свойства, особенно жесткостные характеристики и прочностные свойства [10-12]. Озон атмосферного воздуха вызывает разрывы двойных связей цепных молекул полимера, находящихся в напряженном состоянии, что приводит к образованию и развитию глубоких трещин на резине, испытывающей даже небольшие деформации растяжения.

Проведенные научные исследования показали, что для повышения надежности РТИ сельскохозяйственных машин необходимо определить группы факторов, которые действуют на резиновые элементы техники в зависимости от условий их работы. В РТИ разрушительные изменения могут быть вызваны длительным тепловым воздействием, диффузией неагрессивных веществ в полимерный материал. Немаловажную роль в этом играет продолжительность действия того или иного фактора, либо их совокупность.

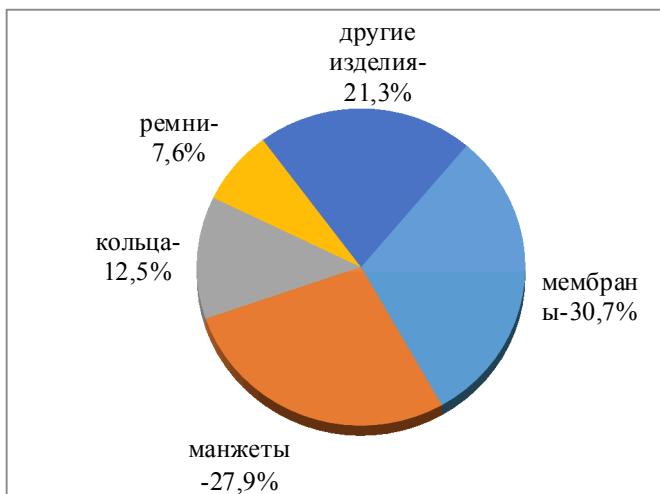


Рисунок – Распределение отказов и повреждений РТИ по видам изделий в процессе длительного хранения

Выбор критерия работоспособности РТИ сельскохозяйственных машин является одним из самых главных и наиболее трудных вопросов в проблеме оценки его сохранности. Это обусловлено прежде всего трудностью выбора характерного показателя (свойства) или нескольких показателей, которые с одной стороны были бы ответственны за выход резинотехнических изделий из строя, а с другой – должны быть изменчивы в процессе эксплуатации сельскохозяйственных машин.

На практике изменение одного параметра влечет за собой изменение другого, следовательно, работоспособность РТИ сельскохозяйственных машин определяется комплексом свойств. Состояние резинотехнических изделий характеризуется расширенным спектром физико-механических и эксплуатационных показателей. Их определение требует больших материальных и временных затрат. Поэтому наиболее рациональной является оценка состояния РТИ по нескольким функциональным показателям. Выбор и обоснование таких показателей возможны на основе системного анализа свойств резинотехнических изделий сельскохозяйственных машин, условий их работы с использованием для предварительной оценки

априорного ранжирования и с последующим построением математических моделей их влияния на работоспособность и сохранность.

При оценке был использован метод интеграции мнений квалифицированных специалистов, что позволило определить совокупность параметров и оценить их влияние на работоспособность РТИ сельскохозяйственных машин. Многофакторная зависимость между ними предопределила использование на этом этапе квалиметрической экспертизы. Анализ результатов экспертного опроса позволил оценить значимость различных физико-механических и эксплуатационных показателей в долях общего вклада всех факторов. По результатам квалиметрической экспертизы все физико-механические и эксплуатационные характеристики РТИ можно подразделить на условные, косвенные и функциональные показатели. Условные показатели, такие как теплостойкость, эластичность, усталостная прочность, остаточное удлинение носят условный и чисто информационный характер, применимы для предварительной оценки качества резинотехнических изделий.

К косвенным показателям, непосредственно определяющим функционирование сельскохозяйственных машин, относятся: срок службы, гистерезис, однородность резины и другие. Эти свойства предопределяют функциональные показатели качества РТИ сельскохозяйственных машин. Функциональные показатели РТИ, обуславливающие работоспособность сельскохозяйственных машин, кроме того, включают в себя комплекс конструктивных, технологических и химических свойств.

Представленная в нашем исследовании оценка влияния различных параметров резинотехнических изделий на работоспособность техники позволяет сделать вывод о том, что при длительном хранении машин на открытых площадках необходимо обеспечить максимальную защиту РТИ от разрушительного действия атмосферных факторов. Для достижения данной цели требуется разработка новых высокоэффективных защитных составов, снижающих растрескивание резинотехнических изделий при хранении.

#### Список использованной литературы

1. Андреев, К.П. Хранение сельскохозяйственной техники: проблемы и решения / К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1. – С. 11-14.

2. Десятов, Ю.В. К вопросу защиты от коррозии сельскохозяйственной техники при хранении / Ю.В. Десятов, В.В. Терентьев, М.Б. Латышёнок // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 184-185.

3. Латышёнок, М.Б. Ресурсосберегающая технология консервации сельскохозяйственных машин / М.Б. Латышёнок, В.В. Терентьев, С.Г. Малюгин // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сб. науч. трудов. –Рязань, 1999.–С.98-101.

4. Морозова, Н.М. Принципы организации выполнения работ по проведению подготовки и хранению зерноуборочных комбайнов / Н.М. Морозова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб. науч. тр. Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2013. – С. 355-358.

5. Терентьев, В.В. Разработка установки для двухслойной консервации сельскохозяйственной техники и обоснование режимов ее работы: дис. ... к.т.н. / В.В. Терентьев. – Рязань, 1999. – 173 с.

6. Терентьев, В.В. Анализ ухудшения сельскохозяйственной техники в период хранения / В.В. Терентьев, М.Б. Латышёнок // Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК. Материалы науч.-практ. конф., посвященной 165-летию со дня рождения П.А. Костычева. – Рязань, 2010. – С.23-26.

7. Терентьев, В.В. К вопросу местной консервации сельскохозяйственной техники / В.В. Терентьев, Ю.В. Десятов, М.Б. Латышёнок // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 185-186.

8. Шемякин, А.В. Совершенствование организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в условиях малых и фермерских хозяйств : автореф. дисс. ... д-ра техн. наук // А.В. Шемякин – Мичуринск, 2014.

9. Шемякин, А.В. Современные способы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственных машин / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Е.Г. Кузин // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 95-99

10. Абрамов В.Н. Обеспечение сохраняемости и долговечности шин и резинотехнических изделий автомобильного транспорта : дисс. ... д-ра техн. наук // В.Н. Абрамов. – Москва, 2006. – 671 с.

11. Мелькумова, Т.В. Защита резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Международный научный журнал. – № 3. – 2017. – С. 62-65.

12. Мелькумова, Т.В. Повышение сохранности резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сб.: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. – Орел, 2017. – С. 164-166.

**Abstract.** Questions of estimation of safety of rubber products in the course of long storage of equipment are considered. The analysis of the significance of the indicators of rubber products on the performance of machines. Measures on increase of safety of products from rubber are offered at storage of equipment on open platforms.

УДК 501.22:621.763

**Андрушевич А.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Калиниченко В.А.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент,  
заведующий лабораторией

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ЛИТЕЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В статье приведены сведения о различных способах заливки композиционного материала для изделия типа «втулка», используемого при модернизации и ремонте низкоскоростной сельскохозяйственной техники. Проведено сравнение способов заливки на качество получаемых изделий.

**Введение.** Повышение износостойкости поверхностей деталей в узлах трения является одной из приоритетных задач машиностроения. Для её решения целесообразно переходить к использованию новых перспективных материалов, включая композиционные материалы. Известно много технологий создания композиционных материалов, таких как порошковая металлургия, лазерная наплавка, адгезивные технологии, а также литейное производство. У последней технологии есть большие перспективы, связанные с невысокой стоимостью технологического оборудования и оснастки по сравнению с другими способами. Однако для увеличения производительности и технологичности производства следует уделить большое внимание выбору типа литейной оснастки и технологическим параметрам заливки, что и было рассмотрено.

**Основная часть.** Технология синтеза литых композиционных материалов с макрогетерогенной структурой для сплошных тел (в основном не вращения) известна достаточно давно [1, 2, 3]. Сочетание матрицы на медной основе с армирующими чугунными гранулами обеспечивает получение специальных физико-механических свойств литого материала и имеет широкое применение для создания различных узлов и трущихся пар низкоскоростной техники. Известные способы заливки через литниковую систему обеспечивают высокие потери металла, до 40% от массы отливки, что недопустимо при его нынешней стоимости. Для решения данной проблемы была спроектирована литейная форма для пропитки сверху (как для деталей типа параллелепипед или пластина). Однако заливка тел вращения связана с рядом трудностей, вызванных наличием центрального отверстия и др.

Для проверки эффективности различных способов подачи металла в форму была разработана конструкторская документация на несколько типов принципиально отличающихся друг от друга литейных форм. На первом этапе, была изготовлена металлическая форма (рисунок 1а) и заполнена чугунной дробью марки ДЛЧ совместно с флюсующим материалом. После прогрева в электрической печи при температуре 1000°C, в течении 1 часа был осуществлен синтез композиционного материала методом пропитки бронзой БрКМц3-1. Температура заливки бронзы - 1100°C. По окончании синтеза и выдержки в течение 20 минут форма с заготовкой была извлечена из печи, охлаждена и разрезана (рисунок 1б).

Как показал продольный разрез, в зоне загрузки формы в отливке наблюдается зона высокой пористости, что приводит к выбраковке около 30% изделия по данной причине.

Для устранения этого недостатка была спроектирована горизонтальная форма с загрузочным окном и выпором.



а



б

а – подготовленная форма; б – залитая и разрезанная форма с заготовкой  
Рисунок 1 – Литейная форма для пропитки сверху

По разработанным чертежам были изготовлены опытные горизонтальные формы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Опытные горизонтальные формы

После проведения синтеза композиционного материала с параметрами аналогичными первому случаю (направление движения металла от загрузочного окна к выпору указаны стрелкой), форма

была продольно разрезана для определения заполняемости расплавом (рисунок 3).



Рисунок 3 – Разрез горизонтальной формы с заготовкой

Продольный разрез показал, что незначительные усадочные раковины наблюдаются в зоне выпора, что может быть изменено смещением последнего ближе к торцу и изменением его угла наклона. В остальном заполняемость формы хорошая, что может служить основой для дальнейшей разработки промышленной технологии получения композиционных материалов с макрогетерогенной структурой.

**Заключение.** Рассмотрены особенности синтеза литых композиционных материалах на основе меди с макрогетерогенной структурой, высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения с малыми линейными скоростями. Из разработанных материалов можно изготавливать изделия практически любой геометрической формы и размеров, включая биметаллические детали, предназначенные для использования в узлах трения сельскохозяйственных и энергетических машин агропромышленного комплекса.

#### Список использованной литературы

1. Тучинский Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. - М.: Металлургия, 1986. - 208 с.
2. Жорник В.И., Калиниченко А.С., Кезик В.Я. Рекомендации по ремонту и реконструкции тяжелонагруженных узлов скольжения с использованием композиционных материалов. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 87 с.

3. Калиниченко А.С., Калиниченко В.А., Зелезей А.Е., Ракевич В.П. Нормализация тепломеханического состояния паровых турбин – Сборник материалов секции «Энергетическая безопасность союзного государства» 6-11.10. 14. – Минск. БНТУ, 2014. – С. 20 -21.

**Abstract.** This article contains information about the different ways to fill composite material for products like "Bush" used when upgrading and repairing the power of agricultural machinery. Comparison of ways to fill in the quality of the products.

УДК 631.3

**Мелькумова Т.В.**, аспирант,  
**Стенин С.С.**, кандидат технических наук, доцент  
ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет»,  
г. Рязань, Российская Федерация

## **ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ ИЗ РЕЗИНЫ**

***Аннотация.** В статье представлено экономическое обоснование применения экспериментальной защитно-восстанавливающей смеси для повышения сохранности резинотехнических изделий при хранении сельскохозяйственной техники на открытых площадках.*

Отличительной особенностью использования сельскохозяйственных машин, используемых при производстве растениеводческой продукции, является их сравнительно короткий период эксплуатации. В остальное время техника находится на хранении в основном на открытых площадках в условиях постоянно изменяющихся температурного и влажностного режимов окружающей среды [1,2]. Одна из актуальных задач, решаемых инженерной службой предприятий АПК, состоит в поддержании эксплуатационных характеристик резинотехнических изделий сельскохозяйственных машин, находящихся на длительном хранении. Вопросам подготовки сельскохозяйственных машин к хранению посвящены научные публикации многих авторов: С.Н. Борычева [3],

М.Б. Латышенка [4], Н.М. Морозовой [7], В.В. Терентьева [8,9], А.В. Шемякина [10,11] и других ученых.

При длительном хранении техники срок сохранности резино-технических изделий в значительной степени зависит от своевременности проведения организационно-технических мероприятий [5,6], а также их способности противостоять внешним воздействующим факторам, вызывающим преждевременное старение изделий из резины. В процессе эксплуатации резинотехнические изделия машин испытывают экстремальные нагрузки, следствием которых являются отказы деталей. Анализ повреждений и отказов агрегатов и систем, вызванных разрушениями резинотехнических изделий, показал, что у значительной части изделий из резины после межсезонного хранения в той или иной степени снижаются эксплуатационные характеристики. Следовательно, необходимо при подготовке техники к хранению проведение комплекса защитных мероприятий, позволяющих повысить эксплуатационный ресурс изделий из резины.

С целью определения направления повышения надежности резинотехнических изделий сельскохозяйственных машин требуется выявить группы факторов, которые действуют на резиновые элементы техники в зависимости от условий их работы. В резинотехнических изделиях разрушительные изменения могут быть вызваны длительным тепловым воздействием, диффузией неагрессивных веществ в полимерный материал. При химическом воздействии происходит изменение химического состава или строения полимерного материала. В результате взаимодействия развиваются реакции окисления, структурирования и деструкции. Скорость, направление, глубина перечисленных превращений в значительной степени определяются скоростью и амплитудой колебаний температуры, концентрацией реагирующих компонентов и продолжительностью воздействия.

Биологическая среда также снижает надежность резинотехнических изделий сельскохозяйственных машин. К биологическим факторам относятся живые организмы (микроорганизмы), воздействие которых приводит к нежелательным изменениям свойств материалов. Наибольший ущерб наносят биоповреждения, вызываемые действием на материалы микроорганизмов и прежде всего плесневых грибов и бактерий. Перечисленные выше факторы не действуют отдельно

друг от друга, а воздействуют одновременно, ускоряя процесс старения резинотехнических изделий машин.

Сотрудниками Рязанского ГАТУ предложена защитно-восстанавливающая смесь, позволяющая повысить эффективность защиты резинотехнических изделий от разрушительного действия негативных факторов окружающей среды. Основным компонентом смеси служит растопленный воск, в который добавляются жидкая резина и нано-порошок. Соотношение компонентов смеси следующее, мас. %: парафин – 92; жидкая резина – 7; нано-порошок (железо-углерод) – 1. Данная смесь для резинотехнических изделий отличается от существующих защитных покрытий тем, что в ней в качестве регенератора применяется жидкая резина, а в качестве наполнителя – нано-порошок [5].

В 2015- 2016 гг. в ряде хозяйств Рязанской области были проведены натурные испытания защитных свойств экспериментальной смеси в сравнении с известными составами (парафином; жидкой резиной; парафином + жидкой резиной; парафином + рубераксом + канифолью и ее эфирами) для предупреждения разрушения резинотехнических изделий в условиях хранения на открытых площадках. Результаты испытаний показали, что максимальный процент разрушения изделий, обработанных экспериментальной смесью составил 2,5%, что более чем в 2 раза ниже лучшего результата известных защитных составов – 5,8% с парафином, рубераксом, канифолью и ее эфирами. Снижение скорости атмосферного старения резинотехнических изделий при использовании защитно-восстанавливающей смеси объясняется ее высокой проникающей способностью в микротрещины резины и образованием защитной пленки на ее поверхности.

Для оценки экономической эффективности применения защитно-восстанавливающей смеси были проведены необходимые расчеты, которые показали, что стоимость 1 кг указанной смеси составит 260,2 руб. (таблица 1).

Применение защитно-восстанавливающей смеси исключит преждевременное старение резинотехнических изделий сельскохозяйственных машин в условиях открытого хранения, что позволит в значительной степени повысить их эксплуатационные характеристики.

Таблица 1 – Расчет стоимости защитно-восстанавливающей смеси

Компонент экспериментальной смеси	Стоимость 1 кг компонента смеси, руб.	Пропорции для смеси, %	Стоимость компонента смеси с учетом предлагаемых пропорций, руб.
Парафин	130	92	119,6
Жидкая резина	273	7	19,11
Нано-порошок	12149	1	121,49
Итого:	-	100	260,2

Далее приведен расчет стоимости защитно-восстанавливающей смеси с учетом расхода на 1 м<sup>2</sup> (таблица 2).

Таким образом, стоимость смеси в расчете на 1 м<sup>2</sup> составляет 61,41 руб., что подтверждает целесообразность и обоснованность применения экспериментальной смеси при обработке изделий.

Таблица 2 – Расход защитно-восстанавливающей смеси на 1 м<sup>2</sup>

Толщина покрытия, мм	Расход смеси (без учета технологических потерь), кг/м <sup>2</sup>	Стоимость экспериментальной смеси в расчете на 1 м <sup>2</sup>
2,05	0,292	75,98
1,79	0,255	66,35
1,53	0,218	56,72
1,26	0,179	46,58
В среднем	0,236	61,41

#### Список использованной литературы

1. Перспективы организации работ, связанных с хранением сельскохозяйственных машин в сельском хозяйстве / Н.В. Бышов [и др.] – Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2016. – 95 с.
2. Андреев, К.П. Хранение сельскохозяйственной техники: проблемы и решения / К.П. Андреев, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Вестник АПК Ставрополя. – 2018. – № 1. – С. 11-14.
3. Бoryчев, С.Н. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии / С.Н. Бoryчев, А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, И.А. Киселев // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 90-94.
4. Латышёнoк, М.Б. Ресурсосберегающая технология консервации сельскохозяйственных машин / М.Б. Латышёнoк, В.В. Терентьев, С.Г. Малюгин // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства. Сб. науч. тр. – Рязань, 1999. – С.98-101.

5. Мелькумова, Т.В. Повышение сохранности резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Международный научный журнал – 2017. – № 3. – С. 62-65.

6. Мелькумова, Т.В. Защита резинотехнических изделий сельскохозяйственной техники / Т.В. Мелькумова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // В сб.: Продовольственная безопасность: от зависимости к самостоятельности. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф.. – Орел, 2017.– С. 164-166.

7. Морозова, Н.М. Принципы организации выполнения работ по проведению подготовки и хранению зерноуборочных комбайнов / Н.М. Морозова, В.В. Терентьев, А.В. Шемякин // Сб. науч. тр. Международной науч.-практ. конф. «Научное обеспечение развития АПК в условиях реформирования». – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2013. – С. 355-358.

8. Терентьев, В.В. К вопросу местной консервации сельскохозяйственной техники / В.В. Терентьев, Ю.В. Десятков, М.Б. Латышенко // Сб. науч. тр. 50-летию РГСХА посвящается. – Рязань, 1998. – С. 185-186.

9. Терентьев, В.В. Анализ ухудшения сельскохозяйственной техники в период хранения / В.В. Терентьев, М.Б. Латышенко // Сб. Актуальные проблемы и их инновационные решения в АПК. – Рязань, 2010. – С. 23-26.

10. Шемякин, А.В. Очистка двигателей сельскохозяйственных машин перед ремонтом (экспериментальные исследования)/А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, Е.Г. Кузин // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2017. – № 1. – С. 171-175.

11. Шемякин, А.В. Современные способы повышения эффективности процесса очистки сельскохозяйственных машин / А.В. Шемякин, В.В. Терентьев, К.П. Андреев, Е.Г. Кузин // Международный научный журнал. – 2017. – № 2. – С. 95-99

**Abstract.** The article presents the economic justification for the use of experimental protective-reducing mixture to improve the safety of rubber products in the storage of agricultural machinery in the open areas.

УДК 621.9

**Сергеев К.Л.**, магистр технических наук;  
**Василевский П.Н.**, магистр технических наук,  
старший преподаватель; **Лиора А.А.**, студент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ НА АГРЕГАТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ ДИСПЕРСНОЙ ФАЗЫ ВОДОМАСЛЯНОЙ ЭМУЛЬСИОННОЙ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются результаты экспериментальных исследований по определению влияния интенсивности ультразвуковой обработки на дисперсность масляной фазы СОЖ и динамику изменения геометрических параметров дисперсной фазы после ультразвуковой обработки.*

**Введение.** Основным средством охлаждения и смазки зоны резания в процессе обработки металлов являются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ). СОЖ структурно представляют собой дисперсные системы, состоящие из дисперсной фазы и дисперсионной среды и являющимися соединением компонентов масляной фазы. При оценке стойкости эмульсий СОЖ важнейшим показателем является агрегативная устойчивость данных систем [1]. Агрегативная устойчивость эмульсионных жидкостей – это способность масляных частиц дисперсной фазы сохранять свой первоначальный размер при столкновении друг с другом или с границей раздела фаз. Причём, это будет зависеть не только от размеров дисперсной фазы, а также и от физических характеристик эмульсионных жидкостей и внешних условий (температуры, величины магнитного поля и т.д.) [2, 3]. Агрегативную устойчивость рассматривают во временном интервале, так как эмульсии могут подвергаться процессу старения [4]. Распределение частиц масляной фазы по размерам имеет важное значение, так как даже относительно небольшое количество крупных частиц дисперсной фазы ускоряет процесс коагуляции.

Для эмульсий СОЖ процесс агрегативной устойчивости имеет важную функцию, поскольку данные дисперсные системы должны сохраняться на протяжении долгого промежутка времени для эффективного использования в процессах обработки. Это приводит к повышению функциональных и эксплуатационных свойств смазочной жидкости на диспергирующее и смазывающее действия [5].

Проводившимися исследованиями [6] доказано, что наиболее перспективным способом модификации физико-химической структуры жидкодисперсных сред с целью улучшения свойств и характеристик является ультразвуковое (УЗ) воздействие. Процесс достижения требуемой дисперсности достигается при использовании УЗ устройств, принцип действия которых основан на использовании УЗ колебаний, создаваемых механическими и электромеханическими вибраторами. Вследствие акустических колебаний и эффекта кавитации обеспечивается получение частиц масляной фазы диаметром до 1 мкм.

В статье представлены экспериментальные исследования по определению влияния интенсивности УЗ обработки на дисперсность масляной фазы СОЖ и динамику изменения геометрических параметров дисперсной фазы после УЗ обработки.

**Экспериментальная часть.** В качестве объекта исследования использовалась 5%-ная эмульсия, приготовленная из концентрата СОЖ ТУ 100185315.001-2012 и представляющая собой отходы масложировой промышленности [7]. Ультразвуковую обработку эмульсионной системы осуществляли с помощью УЗ диспергатора погружного типа (рисунок 1).

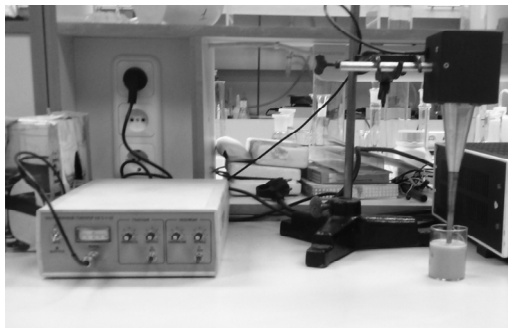


Рисунок 1 – Ультразвуковой диспергатор низкочастотный

Порцию свежеприготовленной эмульсии СОЖ ( $t_1 = 20\text{ }^\circ\text{C}$ ) заливали в стеклянный стакан. Волновод-инструмент, выполненный из титана в форме конусного концентратора, погружался в стакан таким образом, чтобы установленный на его выходном торце излучающий диск находился в центральной части объема жидкости. Обработку вели на рабочей частоте 22 кГц с интенсивностью воздействия  $0,96 - 3,83\text{ Вт/см}^2$  длительностью  $t_{y3} = 10$  мин (с перерывом 2 мин). Температура обработанных эмульсий СОЖ после УЗ обработки составляла  $t_2 = 45 - 50\text{ }^\circ\text{C}$ .

После УЗ обработки каждый образец приготовленной эмульсии СОЖ анализировали при помощи программы обработки и анализа растровых изображений AutoScan Studio 3.0, которая предназначена для анализа и обработки цифровых изображений. Для получения изображений масляной фазы СОЖ применялся компьютерный микроскоп, изготовленный на базе микроскопа Микмед-6, предназначенный для исследования объектов в проходящем свете и оснащенный цифровой видеокамерой типа DCM 320, работающей совместно с персональным компьютером и спектральным осветителем высокого контраста типа ОС-16 ЦОМ с устройством управления режимами осветителя.

Выходным показателем агрегативной устойчивости эмульсий СОЖ являлся достигаемый средний размер масляной фазы после УЗ диспергирования  $R_{cp1}$ , мкм; эффективность стойкости эмульсии СОЖ после выдержки оценивали по отношению  $R_{cp0}/R_{cp1}$ , где  $R_{cp0}$  – средний размер масляной фазы до выдержки.

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1 – Влияние интенсивности УЗ обработки длительностью  $t_{y3} = 10$  мин на средний размер дисперсной фазы СОЖ

Интенсивность УЗ обработки, Вт/см <sup>2</sup>	Средний размер $R_{cp}$ масляной фазы эмульсии СОЖ, мкм
До обработки	5,2083
0,96	2,7580
1,92	2,3329
2,87	2,0013
3,83	1,8091

В последующем образцы эмульсий СОЖ выдерживались в течение 72 и 168 часов, повторно анализировались и сравнивались с предыдущими полученными данными об изменениях средних размеров масляной фазы для различной интенсивности воздействия УЗ обработки (рисунок 3, 4).

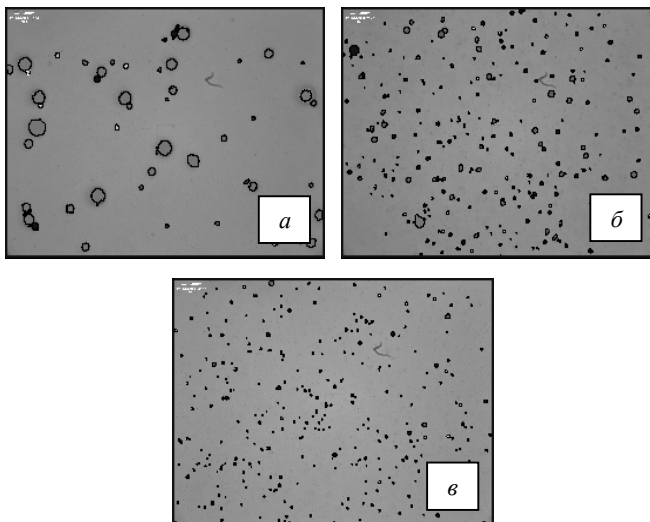


Рисунок 2 – Типичный вид масляной фазы СОЖ до (а) и после УЗ диспергирования (интенсивность УЗ обработки  $1,92 \text{ Вт/см}^2$ ) (б), УЗ диспергирования (интенсивность УЗ обработки  $3,83 \text{ Вт/см}^2$ ) (в)

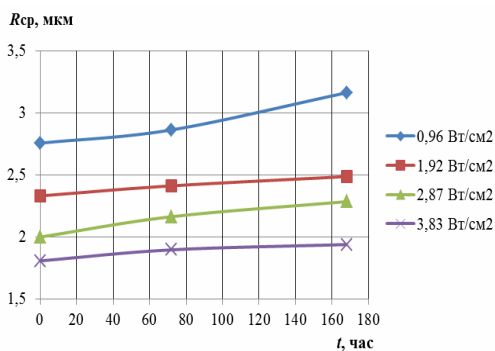


Рисунок 3 – Изменение среднего размера эмульсий СОЖ после УЗ обработки при различной интенсивности

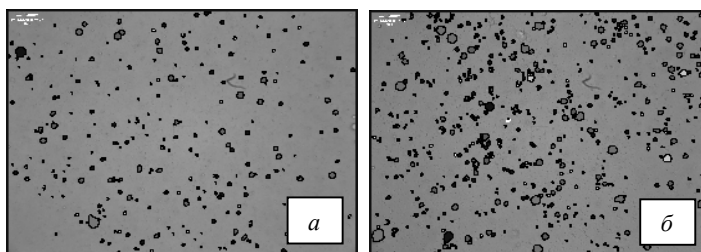


Рисунок 4 – Типичный вид масляной фазы свежеприготовленной СОЖ после УЗ диспергирования (а) и после выдержки образца в течение 168 часов (б) (интенсивность УЗ обработки составляет  $0,96 \text{ Вт/см}^2$ )

Результаты проведенных экспериментальных исследований по стойкости образцов представлены в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Сравнительные показатели стойкости эмульсии СОЖ после выдержки

Интенсивность УЗ обработки, $\text{Вт/см}^2$	Отношение $R_{\text{cp}0}/R_{\text{cp}1}$
0,96	0,871
1,92	0,937
2,87	0,875
3,83	0,932

При анализе полученных данных из таблицы 1 видно, что по мере увеличения интенсивности УЗ обработки продолжительностью  $t_{\text{уз}} = 10$  мин происходит уменьшение среднего размера  $R_{\text{cp}}$  масляной фазы эмульсии СОЖ. Показано, что УЗ обработка позволяет уменьшить размеры капель масла в 1,88 – 2,87 раза по сравнению с исходной свежеприготовленной СОЖ до УЗ диспергирования.

По данным, представленным на рисунке 3 видно, что после УЗ диспергирования с увеличением длительности выдержки образцов эмульсий СОЖ происходит рост масляных капель дисперсной фазы исследуемых жидкостей. Наилучшие результаты по стойкости эмульсии СОЖ после УЗ обработки и выдержки получил образец с максимальной интенсивностью обработки  $3,83 \text{ Вт/см}^2$ .

**Обсуждение результатов проведенных экспериментов.** В настоящее время механизм образования агрегативно-устойчивых эмульсий, вопросы стабилизации и разрушения дисперсных систем нельзя считать окончательно выясненными [8]. Наиболее полное объяснение полученных результатов проведенных исследований дает теория двойного электрического слоя (ДЭС) [9].

Согласно данной теории, результаты полученных экспериментов можно связать с образованием на поверхности масляных капель ДЭС, обуславливающего возникновение энергетического барьера, который препятствует сближению «глобул» масла на расстоянии, где действуют интенсивные молекулярные силы притяжения. Такой слой может возникнуть за счёт взаимодействия веществ дисперсной фазы со средой и ионизации молекул.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Выявлено, что УЗ обработка приводит к повышению дисперсности масляной фазы эмульсии СОЖ (уменьшению размеров в 2,87 раза по сравнению со свежеприготовленной не подвергнувшейся УЗ диспергированию). Показано, что УЗ обработка с интенсивностью  $3,83 \text{ Вт/см}^2$  позволяет получить масляные «глобулы» в области размеров 1,81 мкм.

2. Была исследована динамика изменения дисперсности масляной фазы эмульсий СОЖ, получаемых после УЗ обработки с интенсивностью  $0,96 - 3,83 \text{ Вт/см}^2$ . Установлено, что агрегативная устойчивость эмульсионных жидкостей напрямую зависит от УЗ диспергирования и от температурного фактора.

**Заключение.** Полученные результаты следует учитывать при оптимизации параметров УЗ обработки эмульсий и суспензий, которые используются в процессах обработки металлов. Таким образом, варьируя длительность УЗ обработки при заданной мощности, можно получать эмульсию СОЖ с требуемыми параметрами для качественной работы для достижения наилучших результатов по производительности обработки и качеству обрабатываемых поверхностей.

#### Список использованной литературы

1. Песков, Н.П. Физико-химические основы коллоидной науки / Н.П. Песков. – М.: Госхимиздат, 1932. – 436 с.
2. Дерягин, Б.В. Теория устойчивости коллоидов и тонких плёнок / Б. В. Дерягин. – М.: Наука, 1986. – 206 с.
3. Зонтаг, Г. Коагуляция и устойчивость дисперсных систем / Г. Зонтаг, К. Штрэнге. – Л.: Химия, 1973. – 152 с.
4. Хачатурян, А.А. Автокоагуляция частиц высокодисперсных металлов в водной среде / А.А. Хачатурян, М.А. Лунина // Коллоидный журнал. – 1985. – № 3. – С. 562–567.

5. Латышев, В.Н. Повышение эффективности СОЖ / В.Н. Латышев. – М. : Машиностроение, 1975. – 89 с.

6. Хмелёв, В.Н. Применение ультразвука высокой интенсивности в промышленности / В.Н. Хмелёв [и др.]. – Бийск : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2010. – 203 с.

7. Толочко, Н.К. Влияние дисперсности эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости на эффективность магнитно-абразивной обработки / Н.К. Толочко, К.Л. Сергеев // Технология машиностроения. – 2014. – № 10. – С.31– 35.

8. Сахабутдинов, Р.З. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений / Р.З. Сахабутдинов [и др.]. – М.: ВНИИОЭНГ, 2005. – 324 с.

9. Вережников, В.Н. Избранные главы коллоидной химии : учебное пособие для вузов / В.Н. Вережников. – Воронеж : ИПЦ ВГУ, 2011. – 187 с.

**Abstract.** The article deals with such topic as the results of experimental researches carried out to determine the effect of the intensity of ultrasonic processing on the dispersion of the oil phase of cutting fluids and the dynamics of changes of the geometric parameters of the disperse phase after ultrasonic processing.

УДК 501.22:621.763

**Калиниченко В.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент, заведующий лабораторией;

**Андрушевич А.А.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup> *Белорусский национальный технический университет,*

*г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup> *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТРИЧНЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ СИНТЕЗА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В статье приведены сведения о влиянии использования вторичных сплавов на свойства матрицы литых композици-

*онных материалов на основе медных сплавов. Представлены данные по изменению химического состава и механических свойств.*

**Введение.** При эксплуатации машин и оборудования важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты. Однако аспектами снижения стоимости таких работ является как повышение надежности отремонтированного узла, так и снижение стоимости ремонтного комплекта. Одним из способов снижения стоимости детали является уменьшение себестоимости материалов, из которых она изготовлена. Для решения данной задачи была проанализирована возможность перехода от первичных материалов к вторичным сплавам при синтезе литых композиционных материалов.

**Основная часть.** Армированные литые композиции относятся к числу наиболее перспективных конструкционных материалов. В настоящее время хорошо развиты теоретические основы механики и материаловедения композиционных материалов. При этом имеется еще много проблем, связанных с выбором оптимальной технологии, обеспечивающей достижение на практике предсказываемых теорией свойств композитов, управления межфазным взаимодействием для повышения стабильности структуры и свойств композиционных материалов, удешевления их изготовления при сохранении заданных разработчиком свойств [1].

Композиционные материалы на основе меди разрабатывают для изделий триботехнического назначения, работающих в тяжелых условиях эксплуатации (в ряде агрессивных сред с высокой запыленностью, повышенной температурой или влажностью и др.), так как они обладают повышенными механическими свойствами. Для такой пары трения важными характеристиками является не только коэффициент трения и износостойкость, но и пределы текучести и прочности на сжатие, что было рассмотрено в данной работе. Недостатком является повышение конкурентоспособности изделий является снижение их себестоимости.

При синтезе литых композиционных материалов около 15% бронзы идет в качестве потерь в питающих бобышках и литниках, а при нынешней стоимости бронзы, к примеру, БрКМц 3-1 - 56 руб-

лей и массе отливок порядка 50кг, данные потери весьма ощутимы. В результате возвращение этого металла в процесс производства является актуальным.

Объектом исследования была выбрана бронза БрКМц 3-1 покупная, из которой после проведения структурного и химического анализа (рисунок 1, таблица 1) и испытаний на сжатие для определения предела текучести (рисунок 4), были изготовлены образцы литого композиционного материала. Используя отходы производства, проведен их переплав и повторные исследования, как в примере выше (рисунки 2,4 и таблица 1), с последующей заливкой композита.

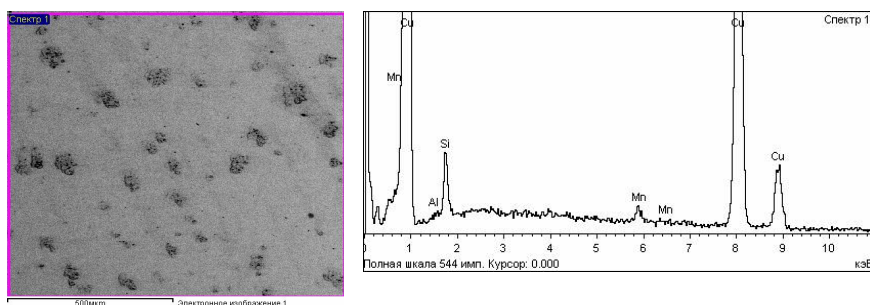


Рисунок 1 – Микроструктурный и химический анализ бронзы БрКМЦ 3-1, первичный переплав

Таблица 1 – Химический состав бронзы БрКМЦ 3-1 на разных этапах

Элементы, мас. %	<i>Si</i>	<i>Mn</i>	<i>Fe</i>	<i>P</i>	<i>Cu</i>	<i>Al</i>	<i>Pb</i>
Первичный сплав	2,92	1,01	-	-	96,04	0,04	-
Вторичный материал	2,96	0,56	-	0,01	96,47	-	-
Последующий переплав	2,80	0,50	0,90	-	95,70	-	0,09
Значения по ГОСТ 18175 -78	2,7-3,5	1,0-1,5	0,3	-	94,0-96,3	-	0,03

*Секция 1 – Технический сервис машин и оборудования*

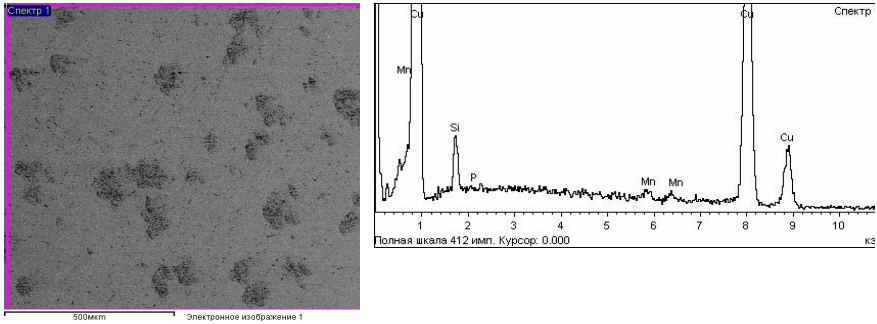


Рисунок 2 – Микроструктурный и химический анализ бронзы БрКМЦ 3-1, вторичный сплав

На третьем этапе были проведены переплав отходов заливки вторичного композиционного материала и анализ матричного сплава как в предыдущих двух случаях (рисунки 3,4 и таблица 1).

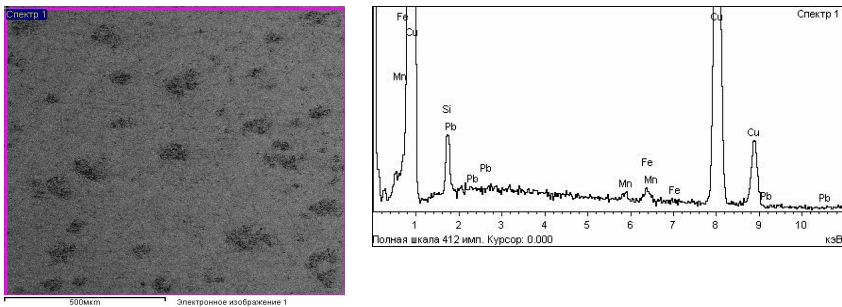
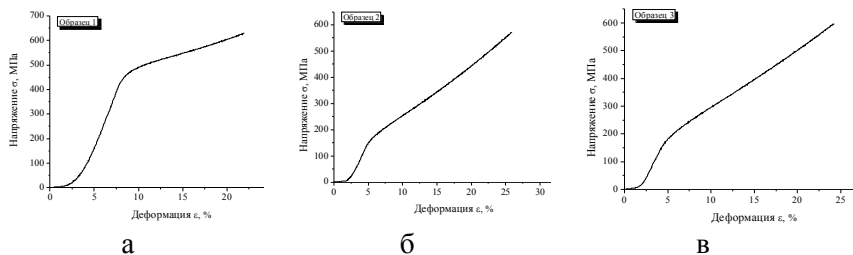


Рисунок 3 – Микроструктурный и химический анализ бронзы БрКМЦ 3-1, последующий переплав

Как видно из полученных данных, структура только первичной бронзы имеет отличия от структуры переплавов, связанных с более мелкозернистым строением. Однако химический состав вторичных материалов имеет значительный ряд отличий (таблица 1), обусловленный потерей основных легирующих элементов, что наглядно отражено на механических свойствах матричного сплава (рисунок 4).

Несмотря на снижение механических свойств в матричном сплаве, в среднем, на 60%, в готовом композиционном материале

(изделии) идет потеря свойств по данному параметру всего на 25-30% (840МПа против 588 МПа соответственно). В результате можно сделать вывод, что для сохранения требуемых свойств композиционных материалов в шихте необходимо ограничивать использование переплавов максимально до 35 - 40%.



а - первичный сплав (428,0 МПа), б - вторичный материал (151,2 МПа), в – последующий переплав (168,4 МПа).

Рисунок 4 – Диаграммы нагружения образцов бронзы БрКМЦ 3-1

**Заключение.** Рассмотрены особенности структур и свойств матричных сплавов, используемых при синтезе литых композиционных материалах на основе меди с макрогетерогенной структурой. Изучено также влияние первичных и вторичных матричных сплавов на ряд свойств композиционных материалов, предназначенных для использования в узлах трения сельскохозяйственных машин, работающих в тяжелых условиях эксплуатации, где использование аналогичных материалов не представляется возможным.

#### Список использованной литературы

1. Калиниченко В.А., Григорьев С.В., Калиниченко М.Л., Зелезей А.Е.. Особенности получения макрогетерогенных композиционных материалов методами индукционной плавки, их структура и свойства. «Литье и металлургия». 2015, №4. - С. 146-150.

**Abstract.** This article contains information about how using secondary alloys the properties of matrix cast composite materials based on copper alloys. Presents data on the change of chemical composition and mechanical properties.

УДК 621.9.048.6

**Сергеев Л.Е.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Акулович Л.М.**, доктор технических наук, профессор;  
**Назаренко А.Ю.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ МЕЛКОМОДУЛЬНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС**

***Аннотация.** В статье рассмотрен процесс магнитно-абразивной обработки зубчатых колёс, предложено использование реверсивного вращения детали, обеспечивающего равномерное распределение рабочей технологической среды при обработке зуба.*

В современном сельскохозяйственном машиностроении широкое распространение получили эвольвентные зубчатые передачи. От их работоспособности, качества и нагрузочной способности зависит долговечность, надежность машин и механизмов. Поэтому актуальными остаются вопросы совершенствования технологического процесса их изготовления на базе применения финишных методов обработки. Особое значение имеет шероховатость рабочей поверхности зубьев, так как для большинства зубчатых колес микронеровности, образовавшиеся на стадии механической обработки, сохраняются после химико-термической обработки и влияют на напряженно-деформированное состояние зубчатых колес при их эксплуатации [1].

В качестве финишных методов обработки зубьев для незакаленных зубчатых колес используются зубошевингование и калибрование, известен также способ, занимающий промежуточное место между калиброванием и шевингованием – «финишер» [2]. Для обработки закаленных зубчатых колес – зубохонингование, обкатка и притирка. Одним из широко применяемых методов является зубошлифование, которое позволяет обеспечить высокую точность зубчатого венца, устранить погрешности предварительной механической и химико-термической обработки. Однако выделяемое при шлифовании тепло вызывает структурные изменения в поверхно-

стном слое в виде прижогов и внутренние растягивающие напряжения. При превышении этими величинами напряжений предела прочности появляются шлифовочные трещины [3].

К числу перспективных методов финишной обработки относится магнитно-абразивная обработка (МАО), при которой в роли режущего инструмента выступает рабочая технологическая среда (РТС), включающая частицы ферроабразивного порошка (ФАП), смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС) и электромагнитное поле (ЭМП). Ферроабразивная щетка из ФАП и СОТС формируется в зазоре между обрабатываемой поверхностью и полюсным наконечником электромагнита силами ЭМП.

Отличительной особенностью МАО от вышеперечисленных финишных способов чистовой обработки является возможность управления движением абразивных частиц в зоне обработки за счет изменения осциллирующего движения, и главным образом, за счет изменения величины магнитного потока, и как следствие, силы давления на обрабатываемую поверхность, что позволяет производить обработку без микротрещин, надрывов, шаржирования, равномерно удалять металл с обрабатываемой поверхности, упрочнять поверхностный слой, снижать остаточные растягивающие напряжения с переходом их в сжимающие. Однако одной из проблем МАО зубчатых колес среднего и крупного модуля ( $m > 1,5$  мм) является то, что РТС самостоятельно не заполняет впадину между зубьями. Это связано со стремлением магнитного потока осуществить свое прохождение по энергетически выгодному участку магнитной цепи, концентрируясь на продольных кромках зубьев. Главной задачей в этом случае является реализация заполнения частицами ФАП впадин зубчатого колеса.

При проведении МАО зубчатых колес ( $m = 2,5$  мм), сталь 18ХГТ, 62...64 HRC, выявлено, что на разных сторонах зуба значения шероховатости не равномерны, от вершины к ножке зуба шероховатость увеличивается. Обусловлено это тем, что в процессе обработки осуществлялось движение зубчатого колеса только против часовой стрелки, что способствовало более сильному прижатию ФАП к обрабатываемой левой стороне зуба.

Цель настоящей работы – исследование процесса МАО эвольвентных поверхностей, учитывая режим кинематического состояния РТС, поскольку знание распределения РТС в рабочей

зоне при MAO позволит осуществить прогнозирование процесса финишной обработки зубчатых колес.

РТС можно представить как пористую среду, состоящую из частиц порошка и пор, в которых протекает СОТС. С технологической точки зрения подача СОТС и течение ее в зоне обработки представляет собой организованный поток веществ. Основными характеристиками технологии подачи и движения СОТС в рабочем зазоре являются: тип потоков, способ обеспечения требуемого уровня турбулентности (ламинарности), числовые характеристики потоков. При MAO тип потока СОТС различен в начале его формирования и в зоне обработки (при выходе СОТС из сопла – движение жидкости ламинарно, а при контакте с вращающейся деталью и инструментом поток жидкости турбулентен). Тип потока СОТС в зоне обработки оказывает существенное влияние на эффективность его функционального действия. С повышением турбулентности потока усиливается охлаждающее, моющее действия, а при ламинаризации – смазочное и проникающее действия.

Модель обтекания паза зубчатого колеса имеет следующий вид (рисунок 1). Из условия симметрии на  $S_0$

$$\psi = 1; \quad \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} = 0;$$

на  $S_1$  и  $S_2$  условия периодичности:

$$\psi_1 = \psi_2; \quad \frac{\partial \psi_1}{\partial x} = \frac{\partial \psi_2}{\partial x};$$

на  $S_0$  условие совмещения:

$$\psi = 0; \quad \frac{\partial \psi}{\partial n} = 0.$$

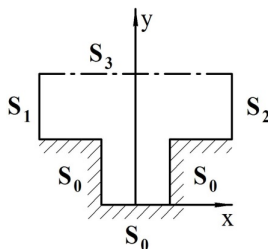


Рисунок 1 – Модель обтекания паза зубчатого колеса

При задании начального условия использовался профиль Гартмана, отнесенный к наименьшей ширине канала. Для зазора зуба зубчатого колеса в начальный момент принималось  $\psi = 0$ .

Расчет производился при различных значениях  $Re$  и  $N$ , при различных отношениях размеров выступа к ширине канала и при различной ориентации магнитного поля.

Своеобразная картина течения получается, когда магнитное поле наклонено к оси паза под некоторым углом (область II, рисунок 2).

На основании вышеизложенного можно отметить, что для улучшения качества поверхности зубчатых колес при MAO целесообразно применять реверсивное движение детали, по несколько раз меняя направление движения.

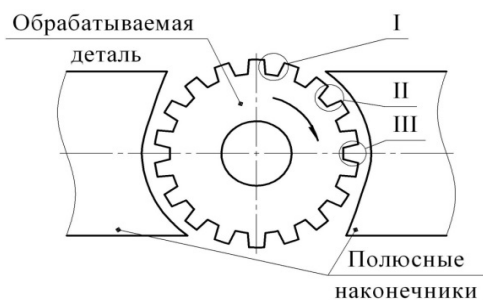


Рисунок 2 – MAO зубчатого колеса

Полученные расчеты показывают, что градиент давления, образуемый магнитной индукцией в зоне паза зубчатого колеса и определяемый давлением и типом потоков СОТС, направлен по ходу вращения обрабатываемой детали.

#### Список использованной литературы

1. Ящерицын, П.И. Работоспособность узлов трения машин / П.И. Ящерицын, Ю.В. Скорынин. – Мн.: Наука и техника, 1984. – 288 с.
2. Калашников, А.С. Своевременный методы чистовой обработки зубчатых цилиндрических колёс / А.С. Калашников // Оборудование и инструмент для профессионалов: металлообработка, 2009. – № 6. – С. 38–42.

3. Технология производства и методы обеспечения качества зубчатых колёс и передач: учеб. пос. / В.Е. Антонюк [и др.]; под общей ред. В.Е. Антонюка. – Мн.: Технопринт, 2003. – 766 с.

**Abstract.** The article discusses the process of magnetic-abrasive machining of cogwheels, proposes the use of reversible rotation of the part ensuring uniform distribution of the working technological medium during tooth (prong) processing.

УДК 631.3.004.67

**Колпаков А.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Новичков В.Н.**, старший преподаватель,

*Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия»,*

*г. Нижний Новгород, Российская Федерация*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ЧАСТИЧНОГО РЕМОНТА СПИРАЛИ ШНЕКОВ ВИНТОВЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ**

***Аннотация.** Приведены назначение, основные неисправности винтовых транспортеров, предлагается технология частичного ремонта спирали шнеков винтовых транспортеров путем замены изношенных витков перьями.*

Винтовые транспортеры в сельском хозяйстве и на предприятиях перерабатывающей промышленности служат для транспортировки зерна, обмолота, различных смесей сырого и запаренного картофеля, влажных и полужидких кормов, необмолоченной хлебной массы, сена, сломы, соломенной резки и т. д. Они применяются также для смешивания сухих и влажных кормов, составными частями которых являются продукты размола зерна, сырые изрезанные корнеплоды, сырой и запаренный картофель, сырая и запаренная соломенная резка. Кроме того, винтовые транспортеры используются в качестве прессов непрерывного действия, например, для отжима растительных соков из предварительно измельченной мас-

сы, разминания запаренного картофеля, для уборки навоза из животноводческих помещений, а также в качестве дозаторов. Винтовые транспортеры состоят из следующих основных частей: вал с приваренной к нему по винтовой линии спирали и кожух. При вращении вала продукты перемещаются витками спирали по всей длине кожуха до выхода через специальное окно.

По конструкции шнеки подразделяются на две группы:

- встроенные, т. е. входящие в конструкцию сельскохозяйственных машин в качестве транспортеров и элеваторов, а также рабочих органов, выполняющих технологические операции смешивания, прессования, разминания, мойки;

- отдельные стационарные или передвижные, применяемые на механизированных токах, зернофуражных складах, животноводческих фермах для погрузки сыпучих продуктов.

Все шнеки одинаковы по устройству и отличаются один относительно другого диаметром и длиной, а также конструктивным оформлением кожухов. Обычно шаг винтовой спирали равен наружному диаметру шнека.

Основные неисправности винтовых транспортеров: разрушение сварки швов; деформация и износ витков спирали; изгиб и излом вала; вмятины, пробоины, трещины кожухов; износ шпоночных канавок; заострение кромок витков спирали.

Деформированные витки шнека правят молотком таким образом, чтобы они были перпендикулярны оси вала с точностью 2...3<sup>0</sup>. Изогнутые валы шнеков правят так же, как и гладкие валы.

Производительность винтового транспортера определяют [1]:

$$G = 60 \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot K \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot \gamma, \text{ т/ч}$$

где  $D$  – наружный диаметр спирали шнека, м;  $d$  – диаметр вала шнека, м;  $K$  – коэффициент, учитывающий угол наклона к горизонту, при угле наклона 0<sup>0</sup>...15<sup>0</sup>; 30<sup>0</sup>; 40<sup>0</sup>; 60<sup>0</sup> коэффициент соответственно равен 1,0; 0,7; 0,52; 0,44;  $S$  – шаг винта спирали,  $S = (0,8...1,0) \cdot D$ , м;  $n$  – частота вращения, мин<sup>-1</sup>; для зерна 60...400 мин<sup>-1</sup> [1];  $\varphi$  – коэффициент заполнения желоба, для зерна  $\varphi = 0,4...0,5$ , для муки, мучных продуктов и легких отходов  $\varphi = 0,3...0,4$  [1];  $\gamma$  – объемный вес перемещаемого продукта, т/м<sup>3</sup> [1].

Как видно из формулы все параметры, кроме наружного диаметра спирали шнека, в процессе эксплуатации не изменяются. Чем больше износились витки спирали шнека, тем меньше становится производительность винтового транспортера.

Витки спирали шнека изготавливаются из ленты или листовой стали марки Ст.3 штамповкой или прокаткой на специальных машинах, в результате чего получаются готовые части спирали, длина которых равна нескольким шагам. Для восстановления работоспособности шнека в условиях сельскохозяйственного предприятия или хлебоприемного элеватора достаточно бывает заменить 2...3 сильно изношенных витка спирали. Для этого режущим инструментом («болгаркой», зубилом и т. п.) удаляют эти витки и изготавливают новые заготовки витков (перья). Для этого необходимо взять листовое железо из малоуглеродистой стали и нарезать круглые заготовки. Для винтового транспортера диаметром спирали шнека  $D$  с заданным диаметром вала шнека  $d$  и шагом спирали  $S$  (рисунок 1) необходимо изготовить перья наружным диаметром  $D_1$  с диаметром отверстия под вал  $d_1$  и вырезом с углом  $\alpha$  (рисунок 2).

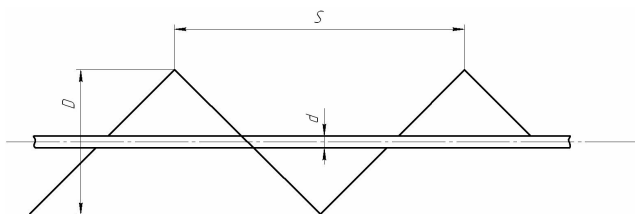


Рисунок 1 – Схема шнека винтового транспортера

$D_1$  – диаметр спирали витков шнека;  $d_1$  – диаметр вала шнека;  $S$  – шаг витков

Будучи закрепленными на валу шнека диаметром  $d$  при заданном шаге  $S$  витки спирали должны образовывать винт диаметром  $D$ . Для этого нужно, чтобы  $D_1$  и  $d_1$  соответственно были несколько больше  $D$  и  $d$ , так как при растяжении элементов спирали из перьев их диаметры несколько изменятся.

Расчетные и апробированные данные показывают, что при диаметре спирали шнека  $D = 125$  мм, с шагом витков  $S = 100$  мм и диаметром вала шнека  $d = 33$  мм размеры заготовки пера будут следующие: наружный диаметр пера  $D_1 = 140$  мм, диаметр отверстия под вал шнека  $d_1 = 48$  мм, угол выреза  $\alpha = 22^\circ$  [2]. По этим размерам необходимо сделать шаблон, по которому изготавливаются

перья спирали этого шнека. Для соединения перьев между собой следует на их концах сделать припуск, равный 5 мм. Затем развести концы пера до длины шага витков шнека. Заготовив необходимое количество перьев (3...4) устанавливают их на вал шнека и прерывистым швом длиной 30...40 мм приваривают их к валу и между собой. Сварной шов располагают с нерабочей стороны шнека.

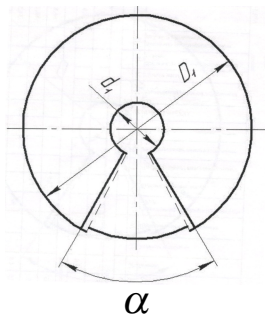


Рисунок 2 – Параметры пера

$D_1$  – наружный диаметр пера;  $d_1$  – диаметр отверстия под вал шнека;  
 $\alpha$  – угол выреза

После ремонта шнек необходимо отбалансировать. Для этого устанавливают шнек опорными шейками вала на диск балансировочного стенда или на призмы и легким толчком руки приводят его во вращение. После остановки отмечают мелом верхний участок винтовой спирали шнека. Если при повторном вращении отмеченный участок вновь займет верхнее положение, шнек уравнивают. Для этого к нерабочей поверхности отмеченного участка винтовой спирали в средней части шнека прихватывают в двух точках электросваркой балансировочную пластину. Балансируют до полного уравнивания. При двух, трех кратном прокручивании верхнее положение должны занимать различные лопасти. Затем приваривают при помощи электросварки пластины и окончательно проверяют балансировку.

**Выводы.** Отремонтированный шнек должен отвечать следующим техническим требованиям:

- биение винтовой спирали по наружному диаметру не более 5 мм;
- биение конца вала шнека не более 0,5 мм;
- отклонение шага витков спирали не более 5 мм;

- поверхность витков спирали и внутренняя поверхность кожуха не должны иметь заусенцев и острых кромок.

Контроль ведут осмотром, аprobацией и с помощью измерительного инструмента. В целях предотвращения поломки шнека при его забивании транспортируемым продуктом, материалом предохранительные устройства, муфты, конечные выключатели необходимо настроить и отрегулировать.

#### Список использованной литературы

1. Артемов, А. С. Справочник по ремонту зерноуборочной техники. А.С. Артемов, Ю.П. Шатров. М.: Россельхозиздат, 1986. – 98 с.

2. Золин, И.М. Справочник конструктора. Часть 1 / И.М. Золин, В.В. Зыбкин, В.М. Коротков. Нижний Новгород.: Вента-2, 1998. – 16 с.

**Abstract.** Given the basic faults of screw conveyors, technology offers a partial repair of the spiral flighting of the screw conveyors by replacing worn coils of feathers.

УДК 631.356:4

**Шило И.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Романюк Н.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Агейчик В.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Лакутя С.М.<sup>1</sup>**, студент;

**Нукешев С.О.<sup>2</sup>**, доктор технических наук, профессор  
<sup>1</sup>*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>*Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан*

## **ИННОВАЦИОННОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ КОМКОВ В КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИНАХ**

***Аннотация.** Предложено оригинальное устройство для разрушения почвенных комков в картофелеуборочных машинах, использование которого позволит повысить эффективность процессах при широком диапазоне почвенных и климатических условий, а также при уборке различных, в том числе и по времени созревания, сортов картофеля.*

Используемые в настоящее время, комкоразрушающие рабочие органы в картофелеуборочных машинах не обеспечивают достаточно полного разрушения комков. Поэтому задача разработки конструкции устройства для разрушения почвенных комков в картофелеуборочных машинах является весьма актуальной.

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция комкодавителя для картофелеуборочных машин [1] (рисунок 1).

Комкодаватель содержит привод, пару параллельных валов 1 и 2, установленных в подшипниковых опорах 3. На валах закреплены посредством торцевых фланцев со стороны привода 6 и со стороны, противоположной приводу 7, баллоны в виде эластичных покрышек 5 с разделенным на равновеликие секции эластичным наполнителем 4. Вал 1 ведущего баллона соединен с цепной передачей привода, а вал 2 ведомого баллона – с устройством 8, обеспечивающим возможность относительного возвратнопоступательного перемещения ведомого баллона по отношению к ведущему вдоль образующей его цилиндрической поверхности.

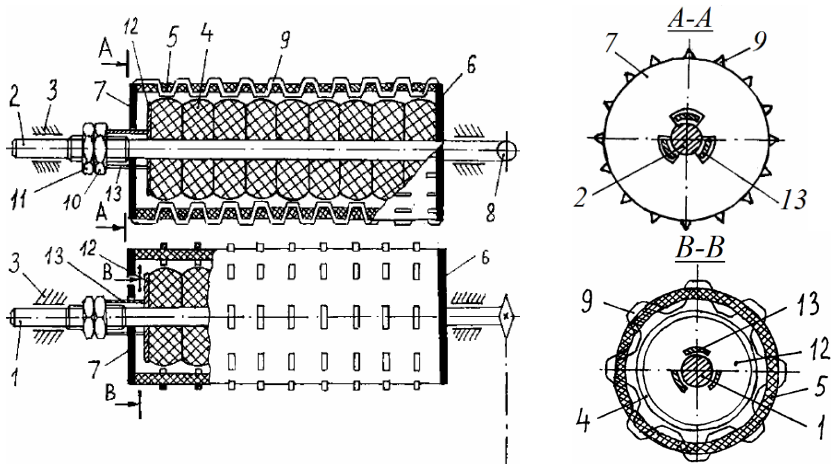


Рисунок 1 – Комкодавитель для картофелеуборочных машин

Со стороны, противоположной приводе, наружные части валов снабжены резьбой с навинченными на нее регулировочными 10 и стопорными 11 гайками, а ближайšie к ним торцевые фланцы 7 выполнены с радиальными окнами, в которых установлены упирающиеся в регулировочные гайки 10 хвостовики 13 расположенных с внутренней стороны торцевых фланцев дисковых упоров 12, установленных на валах 1 и 2 с возможностью их осевого перемещения вплотную к эластичному наполнителю каждого баллона. В эластичных покрывках 5 выполнены сквозные отверстия, в которых размещены рабочие элементы 9 таким образом, что их внутренние части расположены напротив центральных областей ближайших секций эластичного наполнителя 4. При этом на эластичной покрывке ведущего баллона рабочие элементы 9 расположены равномерно по окружностям, а на эластичной покрывке ведомого баллона – по параллельным его оси образующим.

Предпочтительно эластичные рабочие элементы 9 (как наиболее интенсивно воздействующие на клубни, в целях снижения вероятности их травмирования) применять меньшей твердости, чем эластичные покрывки 5, а также различного геометрического сечения.

Комкодавитель работает следующим образом.

При прохождении между клубнями вороха, состоящего из клубней и почвенных комков, разрушение последних происходит под воздействием эластичных покрывок 5, а также рабочих элементов

9. Дополнительный эффект очистки клубней картофеля и разрушения почвенных комков возникает от перетирающего действия рабочих элементов 9 при относительном возвратно-поступательном перемещении ведомого баллона по отношению к ведущему и при наличии эластичных рабочих элементов 9 различного геометрического сечения, т.е. на эластичном рабочем элементе 9, например, треугольного или квадратного поперечного сечения имеются острые кромки, способствующие более качественной очистке клубней и более эффективному разрушению почвенных комков.

Изменение усилия воздействия баллонов на клубни и почвенные комки при различной степени их прочности вследствие разнообразия существующих почвенных и погодных условий, а также сортов и сроков созревания корнеплодов осуществляется в комкодавителях путем различной степени сжатия секций эластичного наполнителя 4 расположенными вплотную к ним с внутренней стороны торцевых фланцев 7 дисковыми упорами 12, что происходит при навинчивании гаек 10 и перемещении ими вдоль валов 1 и 2 хвостовиков 13 дисковых упоров 12. При достижении требуемой степени сжатия секций эластичного наполнителя 4 положение гаек 10 фиксируется стопорными гайками 11. Уменьшение степени сжатия секций эластичного наполнителя 4 осуществляется в обратном порядке.

Разделение эластичного наполнителя 4 на равновеликие секции позволяет осуществлять более равномерное распределение их деформации по длине барабанов.

Размещение рабочих элементов 9 на эластичных покрышках 5 таким образом, что их внутренние части расположены напротив центральных областей ближайших секций эластичного наполнителя 4, позволяет осуществлять изменение усилия воздействия баллонов на клубни и почвенные комки наиболее быстро и эффективно.

#### Список использованной литературы

1. Патент РФ 12577 С1 3599, МПК А 01D 33/00, 30.10.2009.

**Abstract.** The original device for breaking down the soil clods in potato-harvesters is offered. Its use will allow increasing the effectiveness of the process at a wide range of soil and climatic conditions, as well as while harvesting different varieties of potatoes including ripening time.

УДК 631.356:4

**Шило И.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Романюк Н.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Агейчик В.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Лакутя С.М.<sup>1</sup>**, студент;

**Эвиев В.А.<sup>2</sup>**, доктор технических наук, профессор  
<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова,  
г. Элиста, Российская Федерация

## **ОРИГИНАЛЬНЫЙ ВЫКАПЫВАЮЩИЙ РАБОЧИЙ ОРГАН КОРНЕКЛУБНЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

***Аннотация.** Предложено оригинальное устройство выкапывающего рабочего органа корнеклубнеуборочной машины, использование которого позволит улучшить качество выполнения технологического процесса выкопки и повысить надежность в работе.*

Одной из основных причин потерь и повреждений корнеклубнеплодов в период уборки современными машинами является несовершенство выкапывающих рабочих органов, что показывают результаты их проверки в различных условиях уборки. При этом потери корнеплодов сахарной свеклы достигают 13%, а повреждения – более 40%, что значительно превышает пределы, установленные агротехническими требованиями [1].

Поэтому задача разработки конструкции выкапывающих рабочих органов корнеклубнеуборочных машин является весьма актуальной.

Проведенный патентный поиск показывает, что известен выкапывающий рабочий орган корнеклубнеуборочной машины [2], который может успешно работать лишь на легких песчаных или торфяных почвах, на которых закрепленные на эластичной обечайке пальцы смогут выполнять свои функции, не разрушая ее вследствие чрезмерного сопротивления почвы. Так как пальцы выполнены в виде обращенных наружу вершинами конусов, то они не могут обеспечить, даже при близком расположении друг к другу при минимальном размере крепящих их скоб и заклепок, удержание при схождении пальцев небольших размеров стандартных корнеклуб-

неплодов, так как способствующие этому комки почвы в этих условиях будут сами быстро разрушаться и осыпаться вниз.

Известно [3], что резинотехнические изделия при их резких перегибах быстро теряют свою прочность и разрушаются. Для сохранения их прочностных свойств в напряженном состоянии необходимо соблюдать определенные соотношения между толщиной резинотехнических деталей и кривизной их изгибов. Поэтому в месте контакта гибкой обоймы с кромками больших оснований конусов, незащищенной также от внешнего воздействия со стороны находящихся в почве твердых и острых элементов, произойдет быстрое разрушение конструкции выкапывающего рабочего органа.

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция выкапывающего рабочего органа корнеклубнеуборочной машины [4] (рисунок 1: а – схема выкапывающего органа; б – разрез А-А; в – разрез В-В), содержащего установленное в подшипниковых опорах колесо 1, имеющее пару усеченных конусов, обращенных один к одному меньшими основаниями, и расположенный между ними цилиндр. Кромки больших оснований конусов колеса 1 переходят в отбортовки 2 в виде боковых поверхностей усеченных конусов с плавно уменьшающимися вдвое углами, при образующих конусные поверхности вершинах. К отбортовкам 2 крепится с помощью винтов 3 и планок 4 гибкая резиновая обойма 5, которую охватывают замкнутая эластичная обечайка 6 с закрепленными на ней посредством пластин 7 и заклепок 8 расширяющимися и уменьшающимися по толщине к периферии решетчатыми ножами 9 и механизм сведения решетчатых ножей 9 в рабочей зоне, выполненный в виде ленты 10 с установленными в подшипниковых опорах обводными шкивами 11, огибающей замкнутую эластичную обечайку 6. К большим основаниям конусов колеса 1 крепятся охватывающие отбортовки 2, состоящие из двух стыкующихся по диаметру половин ободы 12 с направленными внутрь колеса выпуклыми поверхностями, содержащие внутренние ребра жесткости 13 с расположенными между ними с внешней стороны окнами 14, с закрепленными на внешних сторонах ободов ножами 15 в виде колец с окнами, совпадающими с окнами ободов 12. Выкапанные корнеклубнеплоды попадают на транспортер 16.

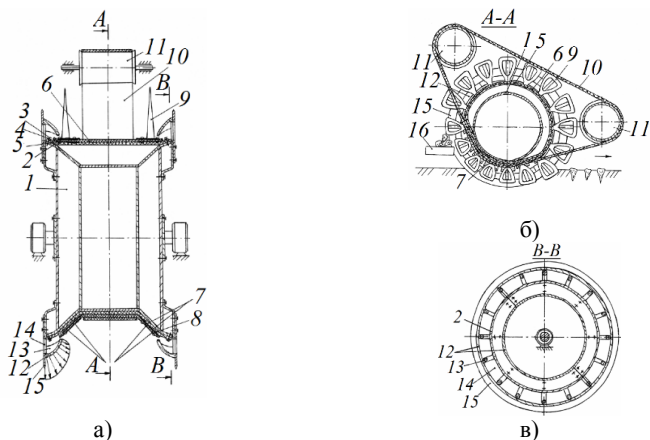


Рисунок 1 – Выкапывающий рабочий орган корнеклубнеуборочной машины

Выкапывающий рабочий орган работает следующим образом.

При перекатывании колеса 1 по грядке ножи 15 в виде колец с окнами перерезают стелющуюся по сторонам ботву и сорную траву. При этом решетчатые ножи 9 при встрече с поверхностью почвы под действием силы тяжести колеса и рамы машины внедряются в почву. Одновременно в почву внедряются ободы 12, деформируя и сдвигая ее в сторону решетчатых ножей 9. Под действием деформирующей замкнутую эластичную обечайку 6 ленты 10 и деформирующего воздействия на почву ободов 12 решетчатые ножи 9 совершают в почве поворот в сторону выкапывающего рядка.

Почвенный пласт, заключенный между решетчатыми ножами 9, при дальнейшем повороте колеса 1 и замкнутой эластичной обечайки 6 просеивается между решетчатыми ножами 9 и сквозь их решетки. Корнеклубнеплоды поднимаются решетчатыми ножами 9 на необходимую высоту и по мере возврата пальцев в первоначальное положение под действием силы тяжести, отжимной плоской ленты 10 и гибкой резиновой обоймы 5 выбрасываются на транспортер 16. Гибкая резиновая обойма 5 возвращает решетчатые ножи 9 в первоначальное положение и удерживает их в плоскости вращения колеса 1. При этом амплитуды изгиба в месте крепления к отбортовкам 2 гибкой резиновой обоймы 5 уменьшаются в два раза, вследствие уменьшения в два раза угла при образующих конусные поверхности вершинах, по сравнению с усеченными конусами колеса 1. Согласно закономерностям кривой усталости Велера [5], уменьшение ампли-

туды (а, следовательно, и напряжения) изгиба конструкционных материалов приводит к увеличению их долговечности в 5...10 раз. Ободы 12 защищают наиболее напряженные и уязвимые с точки зрения последствий повреждений участки гибкой резиновой ободы 5 от прямого воздействия содержащихся в почве режущих и колющих предметов, что также существенно увеличивает надежность работы рабочего органа. Деформирующую почву воздействие ободов 12 существенно снижает рабочее напряжение в резиновых деталях устройства, увеличивая его надежность. Совпадающие окна 14 на внешних сторонах ободов 12, ножах 15 исключают препятствующее возвращению в свое первоначальное положение краям замкнутой эластичной обечайки 6 забивание зазоров между ободами 12 и замкнутой эластичной обечайкой 6 почвой, причем, поскольку рабочий орган предназначен для работы на легких сыпучих почвах, при распрямлении замкнутой эластичной обечайки 6 и, в первую очередь, под собственным весом, почва при выглублении колеса 1 будет вытекать из окон 14. Для удобства монтажа ободы 12 выполнены состоящими из двух стыкующихся по диаметру половин.

#### Список использованной литературы

1. Семькин, В.А. Обоснование конструктивно-режимных параметров комбинированного выкапывающего рабочего органа свеклоуборочных машин : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / В.А. Семькин, Белгородская с.-х. акад. – Белгород, 1998. – 19 с.
2. А.с. СССР 1237110, МПК А 01D 19/02, 25/04, 1986.
3. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов. – М.: Высш. шк., 1984. – С. 225–226.
4. Патент РБ № 12316 С1, МПК А 01D 19/02, А 01D 25/04 // Бюл. №4. – 2009
5. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик. – Минск: Высш. шк., 2000. – С. 49–51.

**Abstract.** The original device of digging working tool for root tuber harvesters is offered. Its use will allow to improve the quality of the technological digging process and to increase operation reliability.

УДК 635.1/8

**Пастухов В.И.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;  
**Бакум Н.В.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, профессор;  
**Майборода М.Н.**<sup>1</sup>, кандидат экономических наук, доцент;  
**Крекот Н.Н.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Присяжный В.Г.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук;  
**Могильная А.Н.**<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук;  
**Мельник А.В.**<sup>3</sup>, кандидат сельскохозяйственных наук

<sup>1</sup>*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина,*

<sup>2</sup>*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства», г. Киев, Украина,*

<sup>3</sup>*Институт овощеводства и бахчеводства УААН, г. Харьков, Украина*

## **ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫРАЩИВАНИЯ КАРТОФЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛЯ ПОД СЛОЕМ СОЛОМЫ**

***Аннотация.** Сравнительными исследованиями подтверждено не только увеличение урожайности картофеля в 1,75 – 2,09 раза при выращивании на поле под слоем соломы в засушливый год, а и снижение затрат труда и топлива больше чем на 4400 грн/га, по сравнению с традиционной технологией выращивания.*

**Постановка задачи.** На урожайность картофеля в последнее время существенно влияют погодные условия, связанные с изменениями климата. Смещение природно-климатических поясов на север может создать негативные процессы, которые проявятся в том, что значительно возрастет площадь степной зоны. Пять лет средне-суточная температура воздуха составляла выше 20°C в течение вегетации картофеля в лесостепной зоне с длительным засушливым периодом и где сегодня сосредоточено основное сельскохозяйственное производство. Существенно возрастает вероятность наступления жаркого периода с температурой более 30°C.

Известно, что оптимальные условия для формирования столонов и клубней картофеля создаются при температуре 16 – 20°C. Высокая температура (более 23 – 25°C) не только задерживает рост клубней, но и вызывает так называемое экологическое вырождение, а при температуре воздуха более 27 – 29°C формирования урожая не происходит. Следовательно, качество и урожайность картофеля находится на низком уровне.

Поэтому возникает необходимость поиска новых агротехнических мероприятий и технологий выращивания для создания оптимальных условий для роста и развития растений картофеля. Одним из таких решений является мульчирование почвы.

В зависимости от материала мульчи, его цвета, сроков мульчирования, времени, эпохи и периода года этот агроприём может увеличивать или уменьшать температурный режим почвы и сглаживать колебания температуры. Исходя из этого, и опираясь на предыдущие поисковые исследования, перспективным является выращивание картофеля под слоем соломы.

**Цель работы.** Обоснование технологии выращивания картофеля на поле под слоем соломы.

**Результаты исследований.** Исследования проводились на полях Института овощеводства и бахчеводства УААН и ННЦ «ИМЕСГ». При этом картофель высаживалась на поверхность почвы картофеле-сажалки без заделки почвой с междурядьями 70 см (рисунок 1) и покрыта слоем соломы толщиной 18 – 20 см (рисунок 2).



Рисунок 1 – Посадка картофеля на поверхность поля

Установлено, что дневная температура поверхности гранта под слоем соломы в солнечные дни находилась в пределах оптимальных значений – 16,5 – 20,5°C, в то время как на традиционных посевах картофеля колебалась в пределах 16 – 32°C, то есть растения картофеля в течение 8 часов находились в стрессовых условиях, а это негативно влияет на формирование полноценного урожая.

Кроме того, солома сохраняет влагу в почве, является действенной мерой в борьбе с сорняками и создает оптимальные условия

для развития микроорганизмов в поверхностном слое почвы. Приведенные положительные составляющие мульчирования позволяют получать экологически безопасные продукты питания и высококачественный посадочный материал без применения гербицидов и химических препаратов.



Рисунок 2 – Накрывание картофеля слоем соломы

Установлено, что урожайность картофеля выращенной под слоем соломы была в 1,75 – 2,09 раз больше, чем на контроле (таблица 1, рисунок 4).

Таблица 1 – Результаты полевых исследований

Способы посадки	Урожайность картофеля			Результаты биохимического анализа				
	Общий урожай, т/га	Товарный урожай, т/га	Товарность урожая, %	Сухое вещество, %	Крахмал, %	Сахар, %	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Нитраты, мг/кг
На поверхность с укрытием соломой	25,0	22,0	88	22,97	10,35	0,41	15,06	36,9
В гребни с укрытием соломой	30,0	28,0	93	22,88	12,89	0,48	12,79	34,5
В гребни (контроль)	14,3	12,8	90	17,52	16,82	1,21	11,17	39,6

Выращивание картофеля на поле под слоем соломы по сравнению с традиционным способом уменьшило затраты труда механизаторов на весь период вегетации с 289,38 до 166,89 чел. ч, расход

топлива с 184,4 до 40,98 л/га, не требовало дополнительного орошения (не нужна оросительная система и дождевальная установка, а также резервы воды).

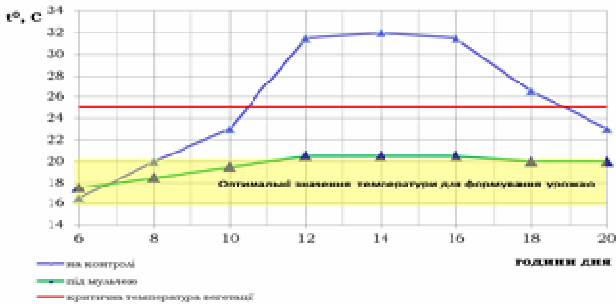


Рисунок 3 – Динамика дневной температуры почвы



Рисунок 4 – Общий вид поля после уборки соломы с строк картофеля

При этом во всех исследованиях получено увеличение урожая картофеля в 1,75 – 2,09 раза. При достаточном слое соломы клубни картофеля практически находились все на поле, что уменьшило не только затраты на ее сбор, а и повреждения самих клубней.

Общий экономический эффект от использования предложенной технологии выращивания картофеля на поле под слоем соломы составляет 43674,91 грн/га.

**Выводы.** Предложенная технология выращивания картофеля обеспечивает получение высоких урожаев картофеля даже без применения системы искусственного орошения и использования гербицидов для уничтожения сорняков. При наличии комплекса машин (машин для накрытия рядков картофеля соломой, картофе-

лесажалок, машин для раскрытия рядков) затраты на внедрение предлагаемого способа окупаются за один сезон.

Список использованной литературы

1. Пастухов В.І, Бакум М.В, Ащук А.Д. До обґрунтування енергозберігаючої механізованої технології виробництва картоплів лісостеповій зоні України // Пастухов В.І, Бакум М.В, Ащук А.Д. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2014. – С. 106 – 114.

2. Патент України №81963, МПК А01С 9/00. Спосіб механізованого вирощування картоплі на поверхні поля / Пастухов В.І., Бакум М.В., Пастухов І.В., Могильна О.М., Присяжний В.Г., Борис А.М. Опубл. 10.07.2013, Бюл.№13.

3. Патент України №9572, МПК А01С 9/00. Спосіб механізованого вирощування картоплі / Адамчук В.В., Корнієнко С.І., Бакум М.В., Пастухов В.І., Майборода М.М., Могильна О.М. Присяжний В.Г. Опубл. 12.01.2015, Бюл.№1.

**Abstract.** Comparative studies confirmed not only an increase in potato yields of 1,75 – 2,09 times when grown on a field under a layer of straw in a dry year, but also a reduction in labor and fuel costs by more than 4400 UAH/ha, compared to traditional growing technology.

УДК 631.356:43

**Агейчик В.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Романюк Н.Н.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Лакутя С.М.**<sup>1</sup>, студент;

**Нукешев С.О.**<sup>2</sup>, доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

**ОРИГИНАЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ МАШИНЫ  
ДЛЯ УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ**

**Аннотация.** Предложена оригинальная конструкция картофелекопателя, использование которого позволит повысить эффек-

тивность выделения картофеля из массы вороха при минимальных потерях и повреждаемости клубней.

Уборка картофеля является весьма трудоёмким процессом в его технологии возделывания. Затраты труда на уборку составляют 45...60% общих затрат труда на возделывание картофеля [1].

Существующие картофелекопатели не обеспечивают эффективное выделение картофеля из массы вороха при минимальных потерях и повреждаемости клубней.

Поэтому задача разработки конструкции картофелекопателя, способного повысить эффективность выделения картофеля из массы вороха при минимальных потерях и повреждаемости клубней является весьма актуальной.

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция картофелекопателя [2] (рисунок 1: а – принципиальная схема картофелекопателя (вид сбоку); б – вид сверху; в – разрез А-А).

Картофелекопатель содержит раму 1, на которой смонтирован подкапывающий рабочий орган, выполненный в виде лемеха 2 с вертикальными стенками и расположенного над лемехом комкоразрушающего барабана 3. В дне лемеха выполнены продольные прорезы 4 различной длины для получения максимальной площади просеивания почвы при сохранении жесткости конструкции лемеха.

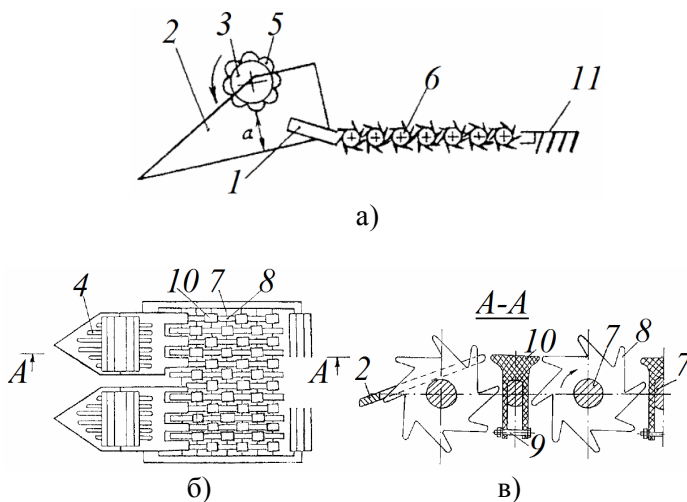


Рисунок 1 – Картофелекопатель

На поверхности барабана выполнены волнообразные выступы 5, параллельные оси барабана. Зазор "а" между дном лемеха и поверхностью барабана может регулироваться в зависимости от размеров клубней, чтобы свести к минимуму возможность повреждения крупных клубней картофеля. Сепарирующий рабочий орган 6 выполнен в виде жестко закрепленных на раме системы валов 7, на которых с возможностью вращения относительно их в шахматном порядке установлены диски 8, при этом диски 8 имеют пальцы, выполненные из эластичного материала с сечением, уменьшающимся от основания пальца к вершине, причем наружная поверхность каждого пальца в его основании перпендикулярна радиусу диска 8, а пальцы дисков 8 смежных валов 7 установлены с перекрытием. Между расположенными в каждом продольном параллельном направлении движения картофелекопателя ряду соседними дисками 8 на находящихся между ними промежуточных валах 7 закреплены с помощью болтовых соединений 9 вертикальные расширяющиеся кверху вставки 10, выполненные, например, из пластмассы, а задняя по ходу движения картофелекопателя часть лемеха 2 расположена на уровне верхних поверхностей первых по ходу движения картофелекопателя вертикальных вставок 10 и содержит прорези для размещения в них дисков 8 первого по ходу движения картофелекопателя вала. Для установки вертикальных вставок 10 валы 7 имеют вертикальные пазы. После сепарирующего рабочего органа 6 установлены сужающие щитки 11 для равномерного укладывания клубней картофеля на поверхность поля.

При движении картофелекопателя по полю лемехи 2 подкапывают картофельные ряды, обеспечивая захват минимального количества почвы без ее разваливания по сторонам.

Одновременно с подкапыванием пласта принудительно вращающиеся комкоразрушающие барабаны 3 крошат пласт почвы. Поверхность барабана с волнообразными выступами 5 вдоль его оси эффективно раздавливает крупные комки почвы, способствует отрыву клубней от ботвы и лучшей подаче массы на сепарирующий орган 6. Продольные прорези 4 в дне лемеха 2 обеспечивают дополнительное крошение подкопанного пласта и частичную сепарацию почвы. Так как раздавливание почвенных комков происходит в момент подкапывания массы, то клубни картофеля хорошо защищены слоем почвы от повреждений комкоразрушающим барабаном. Далее масса поступает на сепарирующий рабочий орган 6, где подвергается интенсивному разделению эластичными паль-

цами дисков 8, при этом примеси проходят в зазоры между дисками 8, а клубни переносятся их эластичными пальцами в том числе и по верхним поверхностям вертикальных расширяющихся кверху вставок 10 сепаратора 6 без потерь и, направляемые сужающимися щитками 11, укладываются на поверхность поля.

Список использованной литературы

1. Максимов, А.Г. Совершенствование технологического процесса сепарации почвенно-картофельного вороха путем обоснования конструктивных и технологических параметров картофелекопателя / дис. ... кандидата техн. наук : 05.20.01 / А.Г. Максимов. – Санкт-Петербург, 2008. – 176 с.

2. Патент РБ 13160 С1, МПК А 01D 17/00, 30.04.2010.

**Abstract.** The original design of potato-digger is offered. Its use will allow increasing the effectiveness of potato separation from potato heap with minimal losses and tuber damage.

УДК 633.15 / .34: 631.164.24

**Пастухов В.И.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;

**Мельник В.И.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;

**Бакум Н.В.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Циганенко М.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Крохмаль Д.В.<sup>1</sup>**, аспирант;

**Гноевой В.И.<sup>2</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

**Гноевой И.В.<sup>2</sup>**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

<sup>1</sup>*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина,*

<sup>2</sup>*Харьковская государственная зооветеринарная академия, г. Харьков, Украина*

## **СЕЯЛКА ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ ПОСЕВОВ СЕМЯН КУКУРУЗЫ И СОИ НА СИЛОС ПО НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

**Аннотация.** Технология выращивания совместных посевов семян кукурузы и сои на силос дополнительно включает отбор гибридов и сортов этих культур по срокам созревания растений, урожайности и содержанию в их вегетативных массах биологиче-

*ски активных веществ, способствующих повышению жирномолочности и плодовитости коров. Для ее реализации разработана новая конструкция сеялки для одновременного совместного дозированного высева семян двух сельскохозяйственных культур, которая обеспечивает заданное чередование семян различных культур в каждом рядке и соответствующий шаг размещения семян каждой культуры.*

Целесообразность применения тех или иных кормовых культур заключается не только в том, чтобы достичь высокого их урожая, а в первую очередь в том, чтобы получить высокий выход животноводческой продукции в расчете на единицу земельной площади. В этом отношении совместимы посевы семян кукурузы и сои на силос заслуживают большого внимания.

Целесообразность применения совместных посевов кукурузы и сои на корм и силос научно выяснена и практически доказана еще в середине прошлого века. При этом предлагалось проводить посевы семян этих культур в один рядок, через рядок [1] или высевать сначала рядовым способом кукурузу, а затем через некоторый промежуток времени семян сои поперек рядков кукурузы. В каждом варианте высокая эффективность применения таких совместных посевов была несомненной.

Было установлено, что посев семян этих культур в один рядок при норме высева семян кукурузы 25 кг/га, а семян сои – 40 кг/га наиболее эффективный. По сравнению с одновидовыми посевами кукурузы, совместимые посевы вышеупомянутым способом обеспечивали увеличение выхода с 1 га обменной энергии на 11,5%, перевариваемого протеина – почти вдвое. Коэффициент энергетической эффективности при этом возрастал в 1,08 раза, а приращение энергии повышалось на 18,1 ГДж/га или на 11,9%.

Выход кормопротеиновых единиц с 1 га совместного посева кукурузы и сои увеличился на 25,1 ц/га, то есть на 41,1% по сравнению с урожайностью одновидовых посевах кукурузы.

Содержание переваримого протеина в силосе, заготовленном с вегетативной массы кукурузно-соевых посевов, увеличилось на 40%, а жира – на 30 – 40%.

При замене в кормовой смеси коров молочного комплекса «Кутузовка» Института животноводства НААН Украины кукурузного силоса на кукурузно-соевый среднесуточные надои молока повышались с

21,39 ± 0,56 кг до 24,35 ± 0,61 кг, то есть на 11,3%. При этом жирность молока увеличилась на 0,2% абсолютных с 3,61% до 3,81%.

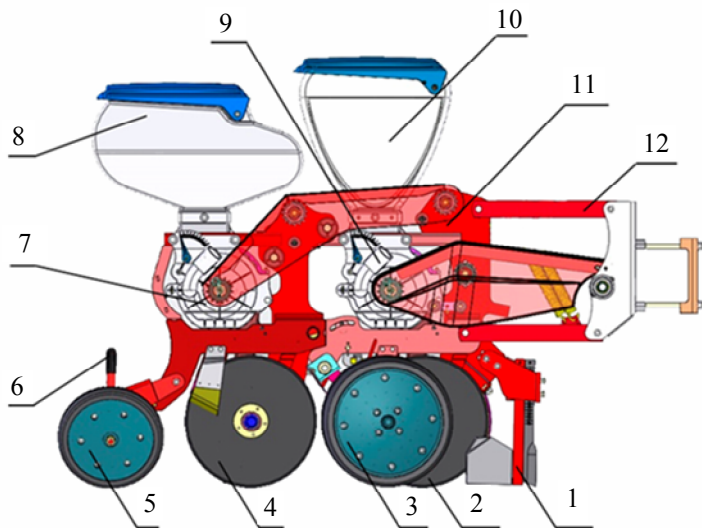
Повышение жирномолочности коров [2] и выхода телят в расчете на 100 коров можно объяснить биологической специфичностью вегетативной массы сои, в частности высоким содержанием изофлавоноидов.

На основе комплекса научных исследований был сделан вывод о целесообразности широкого применения в молочном скотоводстве совместных посевов кукурузы и сои на силос, однако реализация этой научной работы в производстве сдерживалась из-за отсутствия сеялок, которые позволяли одновременно высевать семена этих культур по рекомендованным нормам.



Рисунок 1 – Общий вид посевного агрегата для совместного посева семян двух сельскохозяйственных культур

В 2016 году конструкторским бюро ОАО Эльворти «Красная звезда» совместно с учеными Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко разработана сеялка для совместного посева семян двух сельскохозяйственных культур в одну строку с заданным чередованием семян различных культур и различным шагом их посева по длине строки. Сеялка выпускается ОАО «Эльворти» в восьмирядковом варианте, а по заказам и в шестнадцатирядковом.



- 1 – комкоотвод; 2 – первый двухдисковый сошник; 3 – опорно-прикатывающие колеса;  
4 – второй двухдисковый сошник; 5 – прикатывающий каток;  
6 – рычаг регулирования прижима прикатывающего катка;  
7 – второй высевальной аппарат; 8 – второй бункер;  
9 – первый высевальной аппарат;  
10 – первый бункер; 11 – рама;  
12 – параллелограмная подвеска

Рисунок 2 – Общий вид посевной секции сеялки для совместного высева семян двух сельскохозяйственных культур:

Каждая посевная секция (рисунок 2) включает раму 11 шарнирно присоединяется к раме сеялки с помощью шарнирно-параллелограмного механизма 12. На раме закреплены первый 9 и второй 7 пневмо-механические посевные аппараты, которые имеют свои бункера для семян, соответственно 8 и 10. Снизу к раме секции 11 закреплены комкоотвод 1, первый двухдисковый сошник 2 с опорно-прикатывающими колесами 3 и второй двухдисковый сошник 4. За сошниками движется спаренный прикатывающий каток 5 с рычагом 6 регулирования его прижатия к почве. Каждый высевальной аппарат имеет автономный механизм привода и комплек-

туется сменными дисками для посева различных сельскохозяйственных культур с различными нормами. Сеялка сконфигурирована для высева 16-ти различных сельскохозяйственных культур. Глубину высева семян можно регулировать от 4 до 10 см. Ширина междурядий 70 см. Рабочая скорость высева семян изменяется от 4,7 до 12 км/ч.

**Выводы.** 1. Новый способ одновременного посева в одну строку семян кукурузы и сои обеспечивает получение высокоурожайных агроценозов, повышения питательности зеленой массы и силоса как с энергетической, протеиновой, так и биологической ценностью.

2. Сконструирована и апробирована высокопроизводительная сеялка для совместного посева семян кукурузы и сои на зеленый корм и силос.

#### Список использованной литературы

1. Бабич А. О. Змішані посіви кукурудзи із зернобобовими на силос / Вирощування зернобобових на корм. – К. : Урожай, 1975. – С. 134.

2. Гноєвий В. І. Годівля високопродуктивних корів : Посібник / В. І. Гноєвий, В. О. Головка, О. К. Трішин, І. В. Гноєвий. – Х. : Прапор, 2009. – 368 с.

3. Патент 118211 України. Спосіб вирощування зеленої маси сільськогосподарських культур на корм тваринам / Гноєвий В.І., Гноєвий І.В., Мельник В.І., Бакум М.В., Пастухов В.І., Лук'яненко В.М., Майборода М.М., Карпук У.В., Котець Г.І. – u 201701779; заявл. 24.02.17; опубл. 25.07.17, Бюл. №14 – С. 5.

**Abstract.** The technology of growing joint crops of maize and soybean seeds for silage additionally includes the selection of hybrids and varieties of these crops according to the maturity of plants, the yield and the content of biologically active substances in their vegetative masses that promote the fat content and fertility of cows. For its implementation, a new seeder design has been developed for simultaneous co-dosed sowing of seeds from two crops, which provides a given alternation of seeds of different crops in each row and the corresponding step of seed placement for each crop.

УДК 631.356:43

**Романюк Н.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Агейчик В.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Вольский А.Л.<sup>1</sup>**, старший преподаватель;

**Лакутя С.М.<sup>1</sup>**, студент;

**Нукешев С.О.<sup>2</sup>**, доктор технических наук, профессор

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана, Республика Казахстан

## **СЕПАРАТОР ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КЛУБНЕЙ КАРТОФЕЛЯ ОТ БОТВЫ, СОРНЯКОВ И ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

***Аннотация.** Предложена оригинальная конструкция картофелекопателя, использование которого позволит повысить эффективность выделения картофеля из массы вороха при минимальных потерях и повреждаемости клубней.*

Картофелеводству в Республике Беларусь уделяется большое внимание, однако его производство еще сравнительно дорогое. В снижении себестоимости картофеля важную роль играет увеличение урожайности и комплексная механизация всех работ.

В настоящее время посадка и междурядная обработка картофеля механизированы, а вот уборка и послеуборочная доработка остаются наиболее трудоемкими операциями.

Поэтому задача разработки конструкции сепаратора, способного повысить эффективность отделения клубней картофеля от сорняков, ботвы и других посторонних веществ и предметов, является весьма актуальной.

В БГАТУ разработана оригинальная конструкция сепаратора для отделения клубней картофеля от ботвы, сорняков и загрязнений [1] (рисунок 1: а – вид сепаратора сбоку в момент наличия зазора между элементами; б – вид сепаратора сбоку в момент отсутствия зазора между элементами; в – вид А.

Сепаратор содержит закрепленные на раме 1 за элеватором для транспортировки вороха с клубнями картофеля, расположенные на

перпендикулярных направлению движения вороха (показано вектором скорости  $V$ ) и параллельных друг другу осях, считая по этому направлению, первый рабочий элемент 2, а также второй рабочий элемент 3.

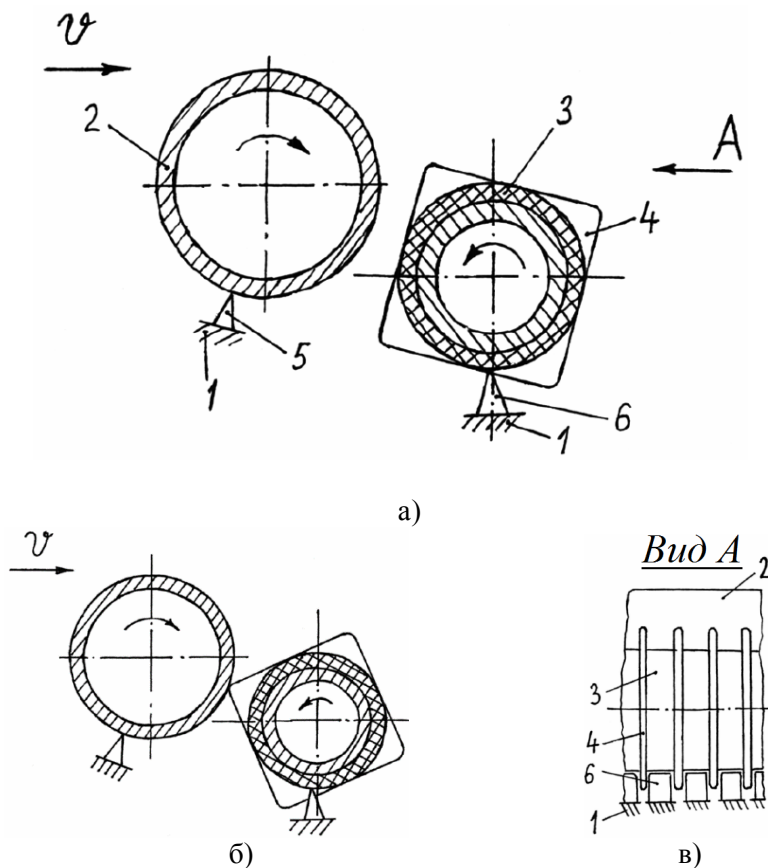


Рисунок 1 – Сепаратор для отделения клубней картофеля от ботвы, сорняков и загрязнений

Первый рабочий элемент 2 выполнен цилиндрическим, а второй рабочий элемент 3 выполнен из эластичного материала в виде цилиндра и снабжен закрепленными на цилиндрической поверхности перпендикулярными осям рабочих элементов 2 и 3 ребрами 4, образуя

щими своими удаленными от центра рабочего элемента гранями плоские, касающиеся цилиндра поверхности, параллельные его оси. Расстояние между ребрами 4 больше толщины стеблей отделяемых сорняков и ботвы, но меньше минимального размера клубней.

На раме 1 жестко закреплены с возможностью очистки цилиндрической поверхности рабочего элемента 2 чистик 5 и с возможностью очистки цилиндрической поверхности рабочего элемента 3 между ребрами 4 секционные чистики 6. Рабочие элементы 2 и 3 выполнены с возможностью вращения их вокруг параллельных осей в верхней части навстречу друг другу, при этом вершины ребер 4 рабочего элемента 3 периодически располагаются вплотную к цилиндрической поверхности рабочего элемента 2.

Сепаратор работает следующим образом.

Ворох с клубнями картофеля поступает с элеватора на вращающуюся в направлении движения вороха верхнюю часть рабочего элемента 2 и далее на вращающийся в противоположном рабочему элементу 2 направлении рабочий элемент 3.

Поскольку между рабочими элементами 2 и 3 в процессе работы периодически образуется щель (рисунок 1, а), то часть примесей в виде комков почвы, сорняков, отделившихся от клубней стеблей ботвы туда проваливается.

Основная масса сорняков и стеблей ботвы проходит между вращающимися ребрами 4 и, за счет своей сложной конфигурации и ответвлений, защемляется в них. Далее эта масса подается к элементу 2 и поступает, пройдя между рабочими элементами 2 и 3, в нижнюю часть сепаратора, где под воздействием секционных чистиков 6 удаляется из межреберного пространства на поверхность поля.

Клубни картофеля остаются на поверхности ребер 4 и под действием динамических нагрузок, а также поверхностей рабочих элементов 1 и 2 отделяются от ботвы и поступают далее по ходу движения вороха на транспортер. При этом под действием граней ребер 4 происходит дополнительное отделение от поверхностей клубней налипших на них частиц почвы. Поверхность рабочего элемента 2 очищается от налипших частиц почвы чистиком 5.

#### Список использованной литературы

1. Сепаратор для отделения клубней картофеля от ботвы, сорняков и загрязнений. Патент РБ 12628 С1, МПК А 01D 33/00, 30.12.2009.

**Abstract.** The original design of potato-digger is offered. Its use will allow increasing the effectiveness of potato separation from potato heap with minimal losses and tuber damage.

УДК 631.563

**Родионов Ю.В.**, доктор технических наук, профессор;  
**Никитин Д.В.**, кандидат технических наук  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»,  
г. Тамбов, Российская Федерация

## **ВАКУУМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО СЫРЬЯ**

***Аннотация.** Одной из основных задач агропромышленного комплекса является получение высококачественного пищевого сырья с минимальными потерями ценных компонентом. Перспективным направлением для реализации этой задачи является использование вакуумных технологий и оборудования. Рассмотрены инновационные научно-технические проекты, реализованные на базе Тамбовского государственного технического университета.*

Интенсивный рост спроса на безопасные и качественные продукты питания (особенно в урбанизированных зонах с растущей концентрацией населения), получаемых из сельскохозяйственного сырья агропромышленного комплекса, объективно ставит проблему их производства, переработки и хранения.

Многие виды сельскохозяйственного сырья имеют скоропортящийся и малотранспортабельный характер. Например, примерно от 20 до 40% плодоовощного сырья теряется после сбора урожая еще задолго до того, как оно достигает потребителя, независимо от того, подвергалось оно переработке или нет.

Поэтому на сегодняшний день остро ставится проблема широкомасштабного внедрения передовых технологий комплексной переработки сельскохозяйственного сырья, обеспечивающих сохранение пищевой ценности, биологически активных веществ и одновременно удовлетворяющих требованиям безопасности, сроков хранения, со-

крашения расхода электроэнергии, технологичности при использовании в сочетании со сбережением сырьевых и других ресурсов.

Особую роль в переработке сельскохозяйственного сырья приобретают вакуумные технологии, основанные на тепло- массообменных и механических процессах, позволяющие сохранить исходные биологические активные вещества за счет ведения технологического процесса при низких температурах кипения.

Основным критерием при выборе процессов переработки сельскохозяйственного сырья является качество конечного продукта. По существу, в каждом процессе приходится решать проблему сохранения исходных характеристик сельскохозяйственного сырья: запаха, цвета, биологической активности, витаминного состава, пищевой и питательной ценности.

На основании многолетних отечественных и зарубежных исследований и опыта использования вакуумных технологий и оборудования переработки растительного сырья с помощью массо- теплообменных и механических процессов установлено, что в реальных условиях получают продукцию недостаточного качества с большими энергозатратами и низкой конкурентоспособностью.

Такое положение объясняется недостаточной эффективностью существующих процессов переработки сельскохозяйственного сырья, низкой технологической надежностью вакуумной техники и средств механизации процессов, недостаточным обоснованием их параметров и нарушением режимов работы.

На базе Тамбовского государственного технического университета в рамках научно-образовательного центра (НОЦ) «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» реализуются инновационные научно-технические проекты, направленные на развитие агропромышленного комплекса (АПК) в области переработки и хранения сельскохозяйственного сырья.

Основным средством откачки многих вакуумных систем являются вакуумные насосы. Сотрудниками НОЦ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» для технологических процессов АПК, разработаны перспективные конструкции жидкостнокольцевых вакуумных насосов (Пат. РФ 2291320, 2291987, 2294456, 2303166, 2307261, 2322613, 2322615, 2343316, 2411396, 2492359, 2551449, 2614112). Отличительной особенностью разработанных конструкций являются регулируемые параметры многофакторного влияния (площадь

проходного сечения нагнетательного окна, эксцентриситет, объем рабочей полости, оптимальное соотношение окружных скоростей, последовательное включение ступеней), позволяющие унифицировать типоразмеры насосов с точки зрения получения различного остаточного давления и производительности с минимальными энергозатратами на всем диапазоне заданного вакуума [1].

Разработана, испытана и апробирована двухступенчатая конвективная вакуум-импульсная сушилка (рисунок 1) растительного сырья, позволяющая осуществлять низкотемпературную сушку с максимальным сохранением питательных и биологически активных веществ исходного сырья [2]. При этом, на процесс сушки затрачивается меньшее количество электроэнергии (в сравнении с типовыми конструкциями сушилок), снижается время сушки, достигается минимальная влажность конечного продукта (до 6%). Особенностью сушилки является создание "нарастающего" вакуума до предельного значения, при котором происходит выдавливание сока из продукта (разрыв капилляров и оболочек клеток, как следствие ухудшение качества конечного продукта) через его стенки и, по мере необходимости, поддерживание вакуумной среды в данном состоянии. Это позволяет получить качественный сухой продукт с максимальным сохранением ценных натуральных свойств и стабильными характеристиками при хранении.

Разработанная сушилка отличается универсальностью, то есть возможностью использовать ее для сушки широкого ассортимента растительного сырья. Отработаны технологии сушки следующих растительных материалов: тыква, картофель, репчатый лук, томаты, болгарский перец, чеснок, топинамбур, крапива, укроп, пас-тернак, яблоки, груши, айва, клубника.

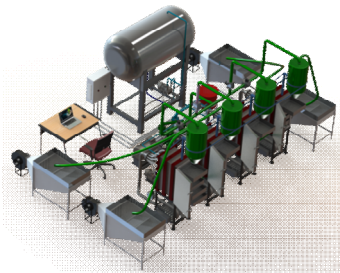


Рисунок 1 – 3D-модель двухступенчатой конвективной вакуум-импульсной сушилки

Глобальным вызовом в развитии мирового АПК является масштабные потери агропродукции на этапе сбора урожая, его транспортировки, первичной обработки и хранения. Причина такого явления заключается в несовершенстве технологий (часто просто устаревших и неэффективных), а также недоступности дорогостоящей современной техники. Как следствие, происходит травмируемость перемещаемого материала, низкие санитарно-гигиенические условия труда, ограниченное расстояние транспортирования.

Для решения вопросов транспортирования сыпучих растительных разработана вакуум-транспортная установка (рисунок 2) для перемещения сухих сыпучих растительных материалов, отличающаяся [3]: легкостью монтажа и гибкостью в эксплуатации; полной автоматизацией управления и сокращением обслуживаемого рабочего персонала; высокими санитарно-гигиеническими условиями и отсутствием технологических нарушений воздушной среды; значительной производительностью и большим радиусом действия в самых стесненных производственных условиях; экономией производственной площади; полным отсутствием потерь перемещаемого материала; взрывобезопасностью при перемещении мелкодисперсных растительных материалов.

В связи с ростом популярности здорового образа жизни, индивидуализации рациона повышается спрос на функциональное и персонализированное питание. Поэтому функциональные продукты питания, в том числе с уникальными полезными свойствами; включены в список наиболее перспективных направлений научно-технологического развития АПК, связанными с формированием новых высокотехнологичных рынков.



Рисунок 2 – 3D-модель вакуум-транспортной установки

Сотрудниками НОЦ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» разработана и апробирована конструкция универсальной вакуумной экстракционно-выпарной установки [4], позволяющей получать концентраты и экстракты, используемые в продуктах функционального и профилактического назначения.

Универсальная вакуумная экстракционно-выпарная установка (рисунок 3) характеризуется: максимальным извлечением полезных компонентов за счет применения вакуум-импульсного экстрагирования и щадящих температурных режимов; универсальностью использования (получение жидких, пастообразных и сухих компонентов); высокой производительностью.



Рисунок 3 – 3D-модель универсальной вакуумной экстракционно-выпарной установки

Особенностью научной деятельности НОЦ «Экотехнологии им. Ю.Г. Скрипникова» является не только коммуникация с научной средой, но и взаимодействие с реальным сектором экономики региона. Поэтому во многом генераторами инновационного процесса НОЦа выступают предприятия среднего и малого бизнеса, которые позволяют быстро и гибко внедрять в производство новые инновационные технологии и разработанное оборудование.

#### Список использованной литературы

1. Завражнов, А.И. Применение жидкостнокольцевых вакуумных насосов при сушке растительного сырья / Завражнов А.И., Митрохин М.А., Пальчиков Е.В., Родионов Ю.В., Преображенский В.А., Воробьев В.Б. // Проблемы развития АПК региона. 2014. Т. 17. № 1–17 (17). С. 63–67.

2. Скрипников, Ю.Г. Инновационные технологии сушки растительного сырья / Скрипников Ю.Г., Митрохин М.А., Ларионова Е.П., Родионов Ю.В., Зорин А.С. // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 3. С. 371–376.

3. Платицин, П.С. Особенности расчета технологии вакуумного транспортирования сухих сыпучих растительных материалов в режиме сплошного слоя / Платицин П.С., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В. // Наука в центральной России – 2016. – № 6 (24). – С. 54–65.

4. Гуськов, А.А. Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / Гуськов А.А., Родионов Ю.В., Капустин В.П., Никитин Д.В., Анохин С.А., Коновалов В.В. // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 32–41.

**Abstract.** The introduction of innovative technical and technological solutions based on accurate representations of the theoretical and experimental regularities of the agricultural raw materials processing with the use of vacuum will allow to create competitive technologies and advanced equipment necessary to increase the production capacity of the agroindustrial complex.

УДК 631.362

**Бакум Н.В.**, кандидат технических наук, профессор;

**Крекот Н. Н.**, кандидат технических наук, доцент;

**Ольшанский В.П.** доктор физико-математических наук,  
профессор;

**Абдуев М.М.**, кандидат технических наук, доцент  
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина*

## **ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ОЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

**Аннотация.** Приведены результаты лабораторных и производственных испытаний пневматического сепаратора с наклонным воздушным каналом.

Одним из основных факторов получения сельскохозяйственной продукции низкой себестоимости является использование высококачественного посевного материала.

Широко используются в машинах для послеуборочной обработки семенного материала воздушные очистки с вертикальным сепарирующим каналом. На кафедре сельскохозяйственных машин ХНТУСХ им. П. Василенко разработан модернизированный пневматический сепаратор с наклонным пневматическим каналом и регулируемой его шириной, в котором разделение компонентов происходит в сопутствующем воздушном потоке неравномерном по высоте канала [1, 2].

На основании теоретических исследований обоснованы основные параметры и разработана конструкция сепаратора (рисунок 1) который состоит из вентиляторной установки и наклонного воздушного канала соединённых между собой. Вентиляторная установка включает вентилятор высокого давления 1, с входным патрубком 2, который приводится в движение клиноременной передачей от электродвигателя. К выходному патрубку вентилятора присоединена проставка 4 в которой установлены вертикальные жалюзи 3 для выравнивания скорости воздушного потока в поперечном направлении проставки. В проставке 4 расположен механизм регулирования скорости воздушного потока по высоте канала (рисунок 1,б) который выполнен в виде набора поворотных пластин 5, закрепленных жестко на осях 29 которые проходят через осевые линии боковин 30 проставки, причем оси закреплены параллельно нижней (верхней) её стенке. Положение каждой пластины 5 (угол ее наклона относительно продольной оси канала) можно регулировать отдельно, вращая соответствующие оси 29. Фиксация положения всех пластин выполняется одновременно прижимными пластинами 28.

Наклонный воздушный канал состоит из сепарирующей камеры 6 в нижней части которой размещены четыре приемника 19, 20, 21 и 23 продуктов разделения. Перегородки 14 между 20 и 21 приемниками, а также 15 между 19 и 20 приемниками выполнены поворотными что дает возможность регулировать их содержимое. В нижней части приемников установлены заслонки и мешкодержатели, которые позволяют закреплять мешки для сбора продуктов разделения каждого приемника отдельно.

К верхней стенке сепарирующей камеры 6 шарнирно закреплен питатель с цилиндрической щеткой 8 и подвижной боковиной 9. К питателю присоединен бункер 11, который в нижней части имеет регулировочную заслонку 10.

К сепарирующей камере 6 присоединён инерционный пылеотделитель 16 с осадочной камерой 17, которая заканчивается фильтровальным пылесборником 18.

Регулирование скорости воздушного потока в сепарирующей камере 6 выполняется изменением ее ширины, перемещением делителя 13, с помощью регулировочных винтов 26, закрепленных в опорах 27, штурвалами 25. Делитель 13 эластичным направителем 24 соединяется с выходным патрубком.

Лабораторными исследованиями и производственными испытаниями разработанного пневматического сепаратора доказана возможность его использования на предварительной очистке, основной очистке и сортировании семенных смесей овощных культур. Так при предварительной очистке семенной смеси лука сорта Глобус первой репродукции, которая содержала семян основной культуры 50,95%, измельченных стеблей и соцветий – 38,32%, минеральных примесей 10,45%, семян сорняков – 0,28% за один пропуск получено из первых двух приемников 48,77% материала посевные свойства которого отвечают требованиям стандарта. Масса 1000 семян этих фракций повысилась до 3,85 г, а энергия прорастания и схожесть семян лука, соответственно, 59,60 и 87,30%.

Семенная смесь моркови сорта Нантская первой репродукции содержала семян основной культуры в исходном материале 24,44%, легких примесей – 75,48%, комочков почвы и пыли 0,02%, семян сорняков – 0,06%. При этом семена основной культуры имели такие посевные качества: масса 1000 семян 0,61г, энергия прорастания 11,49%, схожесть 25,91%. За один пропуск через сепаратор в первые два приемника отделилось 62,18% от массы исходного материала содержание семян основной культуры которого превышало 50%, а масса его 1000 семян увеличилась на 0,2 г, энергия прорастания на 6%, а схожесть на 11%. В три последние приемники отделилось 37,82% семенной смеси последующая доочистка, которой нецелесообразна.

Секция 2 – Инновационные технологии в АПК

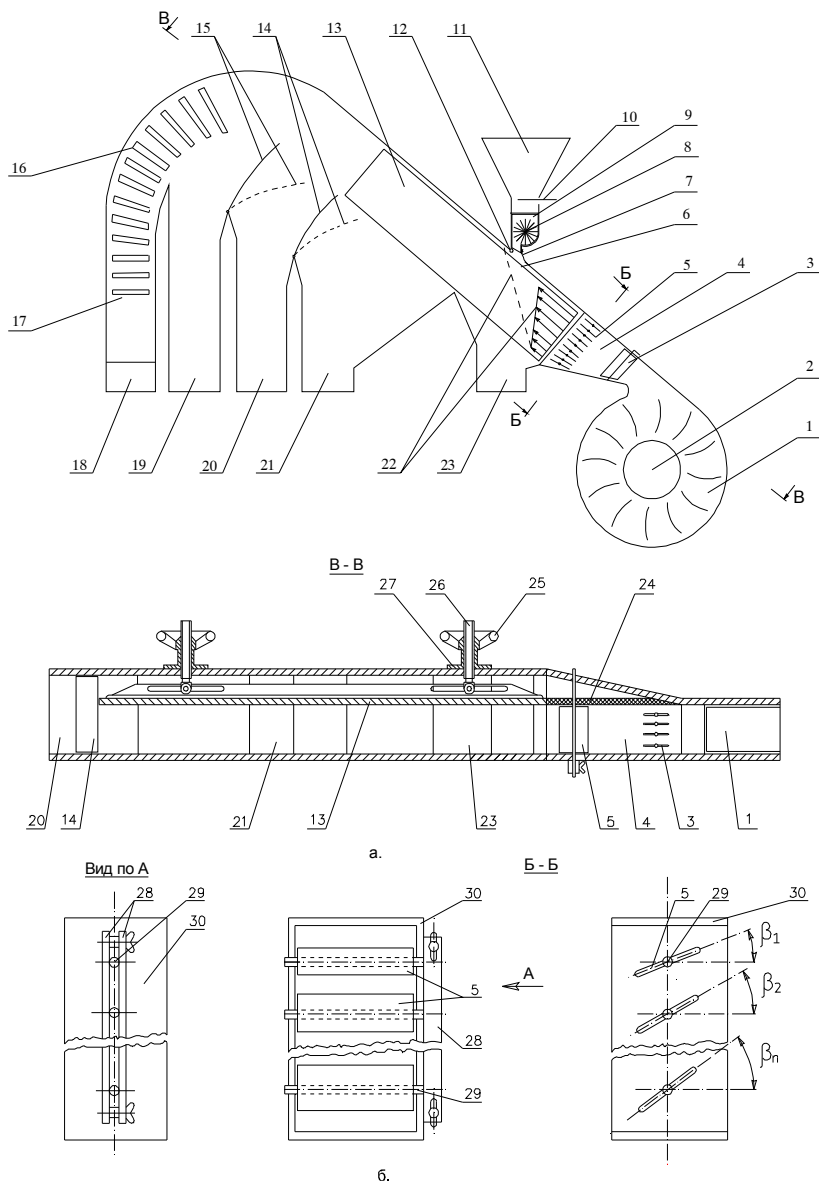


Рисунок 1 – Схема модернизированного пневматического сепаратора с наклонным воздушным каналом

Производительность пневматического сепаратора на предварительной очистке составила около 200 кг/год, что значительно превышает производительность решетных сепараторов.

В качестве машины для основной очистки сепаратор испытывался на доочистке семенной смеси капусты белоголовой сорта Яна первой репродукции исходный материал которой содержал 81,95% семян капусты, измельченных семян основной культуры 0,47%, легких примесей – 17,15%, минеральных примесей 0,42%, семян сорняков – 0,01%. За один пропуск семенной смеси капусты белоголовой получили 75,61% (содержание первой фракции) или 85,11% (содержание первых двух фракций), от массы выходного материала очищенных семян капусты.

За один пропуск семенной смеси укропа сорта Харьковский 85 первой репродукции которая содержала семян основной культуры 87,71%, легких примесей (измельченные стебли и соцветия) – 12,23%, семян других культурных растений 24 шт/кг, а семян сорняков – 112 шт/кг получено из первого приемника 78,62%, от массы исходного материала, кондиционного посевного материала у которого содержание основной культуры повысилось до 92,08%, масса 1000 семян до 1,77 г, а энергия прорастания и схожесть, соответственно, на 5 и 6%.

При дополнительном сортировании семян дыни сорта Криничанка получили из первых двух приемников 87,28%, от массы исходного материала, кондиционных семян дыни. Следует отметить, что в эти фракции отсортировались семена дыни, не засоренные примесями и поврежденными семенами культуры. Из исходного материала схожесть семян основной культуры которого составляло 83,10% (по требованиям стандарта – минимальная 85%) в первые две фракции отсортировались семена схожестью 94,00 и 84,00%.

Лабораторными исследованиями и производственными испытаниями подтверждена высокая эффективность использования разработанного пневматического сепаратора с наклонным воздушным каналом и неравномерным воздушным потоком по его высоте как на предварительной очистке, так и на основной очистке и сортировании семян овощных культур.

#### Список использованной литературы

1. Бакум М.В., Крекот М.М. Дослідження впливу основних параметрів пневматичного сепаратора на якість очищення насіння редиски // Сільськогосподарські машини: Зб. наук. ст. – Вип. 18. Луцьк: ЛНТУ, 2009. – С. 14-19.

2. Бакум М.В., Крекот М.М., Абдуев М.М. Результати виробничих випробувань модернізованого пневматичного сепаратора з нахиленим повітряним каналом // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник ХНТУСГ. – Харків: 2008. – Вип. 75, Т.2. – С. 72-78.

**Abstract.** The results of laboratory and production tests of a pneumatic separator with an inclined air channel are presented.

УДК 631.31:631.43

**Ожегов Н.М.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;

**Ружьев В.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Ловкис В.Б.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», Санкт-Петербург, Российская Федерация,

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

## **ВЛИЯНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ДИСКОВ ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН**

***Аннотация.** Многократное пластическое деформирование поверхностного слоя деталей твердыми абразивными частицами ускоряет износ дисковых рабочих поверхностей в зоне наибольших контактных давлений. При этом фактическая наработка деталей серийного производства уменьшается в 1,5 – 3 раза относительно норматива.*

*Одним из направлений снижения трения и изнашивания почворежущих деталей современных почвообрабатывающих машин путем нанесения твердосплавных покрытий является создание гибридных упрочняющих технологий, основанных на пластической деформации активного слоя почвы наплавочными твердыми сплавами.*

Изнашивание дисков почвообрабатывающих агрегатов – это процесс разрушения их почворежущей поверхности при трении, вслед-

ствие абразивных и физико-механических свойств почвы, конечным результатом которого становятся постепенно измененные их форма, естественно, размер и состояние рабочей поверхности. По понятным причинам, из-за представленных изменений, качество выполнения технологического процесса лущения, дискования резко ухудшается, снижаются показатели технико-экономической оценки работы почвообрабатывающих машин. С увеличением наработки состояние изнашивающихся дисков непрерывно изменяется и достигает предельных значений сразу по нескольким параметрам, влияющим на функциональные и технологические качества [1].

Как известно [2], для изготовления дисковых рабочих органов почвообрабатывающих агрегатов применяются следующие конструкционные стали: 40, 40Х, 65Г, Л53, а также такие методы термической обработки, как закалка и отпуск, упрочняющие почворезущую поверхность дисков, твердость которой при этом составляет HRC 39 – 48, а показатель прочности не превышает значений в 900 – 1000 МПа. Практические исследования [3] доказывают, что при такой термообработке не исключается прямое разрушение почворезущей поверхности диска путем микроцарапания и прорезания кварцевыми частицами почвы.

Интенсивность изнашивания дисковых рабочих органов составляет 0,3 мм/км, что говорит о фактической наработке таких деталей в 1,5 – 3,0 раза меньшей, заявленной производителями и нормативной документацией.

Современными исследованиями [2, 4] установлено, что для эффективной почвообработки необходимо обеспечить прочность основного металла дисковых рабочих органов почвообрабатывающим машин не менее 1500 – 1800 МПа. Ударная вязкость должна соответствовать значениям не менее 0,8 – 1,25 МДж/м<sup>2</sup>. Такие показатели исключают деформацию дисков и их поломку.

Интенсивность изнашивания почворезущей поверхности дисковых рабочих органов зависит от режимов изнашивания, изнашивающей способности почвы, свойств изнашиваемой поверхности и многих других факторов, влияющих на развитие процессов изнашивания [5].

Исследованиями [6] установлено, что степень изнашивания почворезущей поверхности дисков почвообрабатывающих агрегатов

происходит за счет изменений давлений почвы, ее упругой деформации и условий трения.

Снижение скорости изнашивания в зависимости от времени работы имеет место в процессе работы лезвия диска в связи со снижением удельного давления в результате увеличения толщины этой поверхности. Напротив, скорость изнашивания внутренней поверхности диска в процессе работы вначале высокая, затем она стабилизируется в связи со снижением удельного давления в результате увеличения контактной поверхности диска с почвой, а затем вновь увеличивается в связи с повышением удельного давления в результате уменьшения контактной поверхности диска с почвой.

Дисковые рабочие органы в процессе эксплуатации сохраняют работоспособное состояние до тех пор, пока значения конструктивных параметров обеспечивают выполнение заданных функций в допустимых пределах отклонений, соответствующих требованиям нормативно-технической и конструкторской документации [7].

Характерный износ дисков бороны показан на рисунке 1.

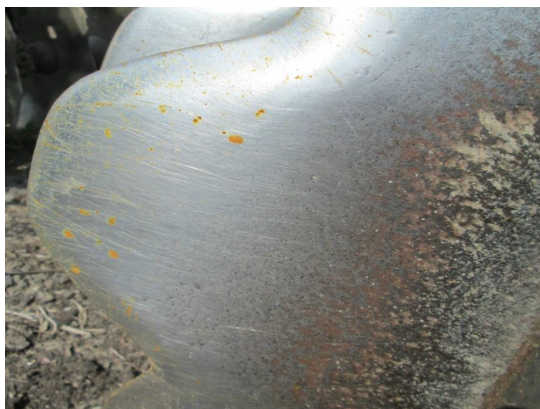


Рисунок 1 – Характерный вид деформации поверхности дискового рабочего органа при трении с абразивной средой

Выбраковку дисковых рабочих органов почвообрабатывающих машин в процессе их эксплуатации производят по причине появления у них дефектов, которые не позволяют выполнить агротехнические требования к дискованию почвы.

Износ дисков вызывает уменьшение их диаметра и скругление режущей кромки, в результате чего увеличивается неравномерность глубины лушения и снижается качество обработки почвы. Отклонения от установленной глубины обработки достигают 90% против допустимых 10%.

Затупление диска наступает после обработки 300 га глинистой почвы, при этом величина линейного износа составляет 5...6 мм.

Повышение ресурса технических средств позволяет уменьшить затраты энергии и денежных средств на ремонт, восстановление и замену рабочих органов в течение эксплуатации, что обеспечивает эффективность технологии обработки почвы.

Проведенные исследования [8] свидетельствуют, что наплавка новых деталей почвообрабатывающих машин существенно увеличивает их ресурс. При этом восстановление наплавкой деталей после их термообработки также не уступает новым деталям.

В целом, увеличение ресурса основных узлов и деталей почвообрабатывающих машин, в конечном итоге, обеспечивает повышение их эффективности.

#### Список использованной литературы

1. Панов И.М., Ветехин В.И. Физические основы механики почв. – Киев: Феникс, 2008. – 266 с.
2. Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Капошко Д.А., Зимин С.А. Формирование поверхностной прочности рабочих органов почвообрабатывающих машин в области наибольшей интенсивности трения // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2014. – №35. – С. 270–276.
3. Суслов А.С., Дзибук И.С., Ружьев В.А. Особенности процесса взаимодействия конструкционно измененных дисковых рабочих органов с почвой // Вестник студенческого научного общества. – 2017. – №8 (выпуск 2). – С. 49–52.
4. Ожегов Н.М., Добринов А.В., Ружьев В.А. Исследования методов упрочнения рабочих органов почвообрабатывающих машин и разработка автоматической установки для нанесения на них упрочняющих покрытий // Современные наукоемкие технологии. – 2017. – № 3. – С. 28–31.
5. Новиков В.С. Обеспечение долговечности рабочих органов почвообрабатывающих машин: дисс. ... доктора техн. наук: 05.20.03. – Москва, 2009. – 301 с.

6. Дзібук І.С., Суслов А.С., Ружьєв В.А. К теоретическому обоснованию рациональных режимов работы дисковых рабочих органов // Роль молодых ученых в решении актуальных задач АПК: мат. Межд. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (Санкт-Петербург, 25-27 февраля 2016 г.). – СПб.: СПбГАУ, 2016. – С. 186–188.

7. Бартенев И.М., Поздняков Е.В. изнашивающая способность почв и ее влияние на долговечность рабочих органов почвообрабатывающих машин // Лесотехнический журнал. – 2013. – №3. – С. 114–122.

8. Ожегов Н.М., Ружьєв В.А., Капошко Д.А. Повышение долговечности сменных деталей почвообрабатывающих машин методом прерывистой наплавки твердыми сплавами // Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теории и практика: мат. 17-й межд. науч.-практ. конф. (Санкт-Петербург, 14-17 апреля 2015 г.). – СПб.: Издательство Политехнического университета, 2015. – С. 147–153.

**Abstract.** The transformation of the elastic deformation of the active soil layer into a plastic state in the zone of the greatest friction intensity reduces the mechanical action of abrasive particles on the base metal of the working surface and the degree of plastic deformation of the surface layer of the part, due to the formation of a damping component in the direction of the normal soil pressure vector on the tillage wedge.

УДК 631.362

**Бакум Н.В.**, кандидат технических наук, профессор;

**Михайлов А.Д.**, кандидат технических наук, доцент;

**Козий А.Б.**, кандидат технических наук, доцент;

**Крекот Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент

*Харьковский национальный технический университет  
сельского хозяйства имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина*

## **ВИБРОФРИКЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ДООЧИСТКИ И СОРТИРОВАНИЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

**Аннотация.** В материалах статьи приведены сведения о новой конструкции виброфрикционного сепаратора для доочистки и сортирования семян сельскохозяйственных культур и основных семенных смесях, сепарация которых наиболее эффективна.

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур связано не только с применением современных технологий, средств механизации, а также с использованием для посева семенного материала с высокими посевными и урожайными свойствами.

Несовершенство технологических процессов серийных зерноочистительных машин вызывает необходимость насыщения технологических линий для послеуборочной обработки специальными зерноочистительными машинами.

В связи с этим, поиск новых признаков разделения и рабочих органов для их реализации в зерноочистительных машинах для очистки и сортирования семенных смесей сельскохозяйственных культур является актуальным.

На кафедре "Сельскохозяйственные машины" Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко разработано семейство виброфрикционных сепараторов с неперфорированными фрикционными рабочими поверхностями, которые разделяют компоненты семенных смесей по комплексу физико-механических свойств: упругости, фрикционным свойствам и форме семян. Этот способ сепарации положен в основу конструкции этих сепараторов, которым нет аналогов в мировом сельхозмашиностроении [1, 2, 3].

Конструктивная схема виброфрикционного сепаратора приведена на рисунке 1. Рабочим органом виброфрикционного сепаратора является фрикционные неперфорированные сепарирующие поверхности 7 (два пакета по пятнадцать штук), установленные с продольно-поперечным углом наклона к горизонту. Продольной и поперечной углы наклона рабочих поверхностей регулируются, соответственно, механизмами 14 и 6. Сепарирующие поверхности закреплены на вибростолах 11, которые установлены на пружинах 13. Пружины размещены симметрично на раме 2. На вибрирующей части сепаратора установлены дозирующие устройства 8, которые подают семенную смесь на каждую рабочую плоскость. Между дозирующими устройствами 8 и бункером 10 находятся переходные патрубки 9 из эластичного материала. К вибростолам прикреплены двухвальные дебалансные вибровозбудители 3 направленного действия. Вибровозбудители приводятся в действие от электродвигателя переменного тока ременной передачей через промежуточную передачу 4 и упругие муфты 5. Для сбора продуктов разделения на раме закреплены приемники семян 12 из мешкодержателями.

Технологический процесс виброфрикционного сепаратора выполняется следующим образом. Под действием колебаний исходный семенной материал из бункера через переходные патрубки и дозирующие устройства поступает на рабочие поверхности. На них компоненты смеси в зависимости от физико-механических характеристик перемещаются по разным траекториям и разделяются на фракции. По траекториям 15 перемещаются более округлые, упругие семена и скатываются в нижние приемники продуктов разделения. Плоские, шероховатые и менее упругие семена, а также семена сорняков и примеси перемещаются по траекториям 17 в верхние приемники. Семена, которые имеют промежуточные значения этих свойств, попадают по траекториям 16 в боковые приемники.

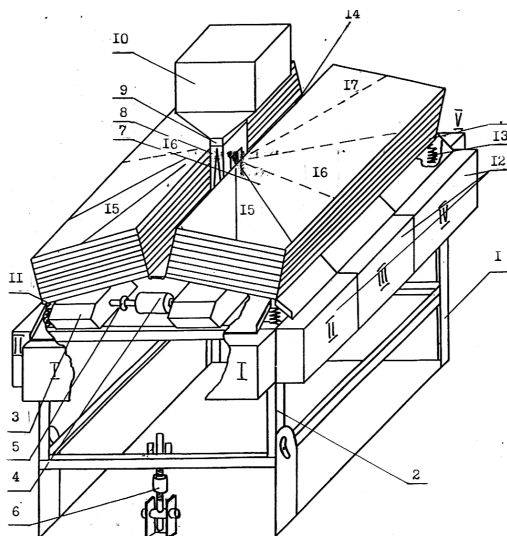


Рисунок 1 – Конструктивная схема виброфрикционного сепаратора:

- 1 – основная рама; 2 – промежуточная рама; 3 – вибровозбудитель;
- 4 – промежуточная передача; 5 – упругие муфты; 6 – механизм регулирования  
продольного угла наклона рабочих поверхностей к горизонту; 7 – неперфориро-  
ванные сепарирующие поверхности; 8 – дозирующие устройства; 9 – переходные  
патрубки; 10 – бункер; 11 – вибростол; 12 – приемники семян; 13 – пружины;
- 14 – механизм регулирования поперечного угла наклона рабочих поверхностей  
к горизонту; 15, 16, 17 – траектории движения компонентов семенной смеси

Виброфрикционный сепаратор может быть использован на доочистки следующих семенных смесей от тяжело отделяемые семян сорняков и примесей:

- зернобобовых: пшеницы, ржи, ячменя, овса, гороха и других;
- овощных: моркови, капусты, укропа, салата; шавеля, редиски, пастернака, лука и других;
- технических: сахарной, кормовой и столовой свеклы;
- масличных: подсолнечника, льна; рапса, сурепки, горчицы, кориандра и других;
- крупяных: проса и гречихи;
- трав: люцерны, клевера, эспарцета, тимофеевки луговой и других;
- лекарственных растений: валерианы лекарственной, подорожника большого, мака масличного, ромашки аптечной, тимьяна обыкновенного, наперстянки шерстистой и других.

Анализ результатов использования виброфрикционного сепаратора для сепарации семенных смесей сельскохозяйственных культур показал, что технологические линии для подготовки высококачественного посевного материала необходимо дополнять такими сепараторами для доочистки и сортирования.

#### Список использованной литературы

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. – М.: Колос, 1978. – 287 с.
2. Заїка П.М Теорія сільськогосподарських машин т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння – Харків: Око, 2006. – 407 с.
3. Бакум М.В., Михайлов А.Д., Козій О.Б. Доочищення та сортування насіння сої на вібраційній насіннеочисній машині / Вісник ХНТУСГ, вип. 190 Механізація сільськогосподарського виробництва. Харків. 2018 – С. 26–30.

**Abstract.** The materials of the article contain information on the new design of the vibration separator for post-cleaning and sorting of seeds of agricultural crops and basic seed mixtures, the separation of which is most effective.

УДК 635.135

**Бышов Н.В.**, доктор технических наук;  
**Борычев С.Н.**, доктор технических наук;  
**Лапин Д.А.**, аспирант;

**Костенко М.Ю.**, доктор технических наук;  
**Рембалович Г.К.**, доктор технических наук

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЖЕСТКОСТИ УПРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ ДИСКОВОГО ВОРОШИТЕЛЯ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН**

***Аннотация.** В статье рассмотрена проблема выбора материала изготовления упругих элементов рассмотренного средства интенсификации сепарации. Рассмотрена методика и результаты исследования жесткости пальцев изготовленных из различных материалов. На основании исследования сделаны выводы о длине эластичной части упругих элементов и наиболее подходящем материале.*

Картофель в России является одной из основных продовольственных культур [1, 3]. На уборку этой культуры приходится до 75% всех трудозатрат и до 60% энергозатрат [2, 4, 8, 9, 10]. Для повышения эффективности процесса уборки картофеля аграриям необходимо применять высокоэффективную технику. Это ставит трудную задачу перед производителями картофелеуборочного оборудования и вынуждает их более тщательным образом подходить к разработке и модернизации картофелеуборочных машин [6, 7].

Для повышения сепарации почвы на элеваторах картофелеуборочных машин применяют ворошители. Рассмотрим процесс воздействия пальцев ворошителя на картофельный ворох на примере разработанного пруткового элеватора представленного на рисунке 1.

Основным элементом, вступающим во взаимодействие с картофельным ворохом, являются пальцы дискового ворошителя. При взаимодействии с картофельным ворохом пальца предложенного устройства должны обеспечивать требуемые технологические параметры. На показатели эффективности сепарации могут влиять

различные показатели внешней среды, такие как состав почвы, влажность и многие другие. Поэтому встает вопрос необходимости проведения исследований на способность элементов к сопротивлению деформации от внешних воздействий.

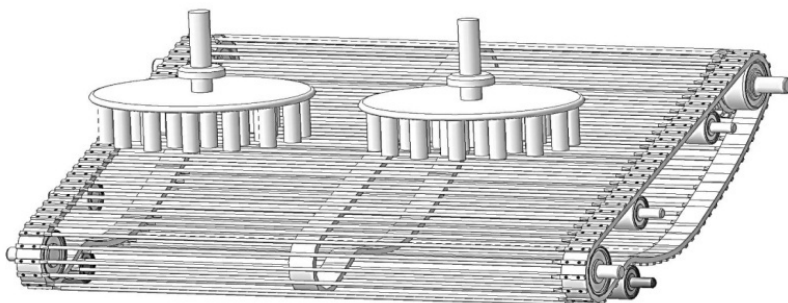


Рисунок 1 – Прутковый элеватор с дисковым ворошителем [5]

Исследования жесткости пальцев пруткового сепаратора с дисковым ворошителем в лабораторных условиях необходимы для оценки жесткости пальцев, изготовленных из различных материалов, и их обоснованного выбора в соответствии с заданными требованиями по уборке картофеля.

Для проведения исследования были предложены пальцы с различными поверхностными слоями - покрытиями:

- из шланга резинового (ГОСТ 18698-79) внутренним диаметром 0,016 м и наружным 0,026 м состоящего из внутреннего резинового слоя (резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины;

- из шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированного (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия Б;

- из шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированного (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия МТ;

- из шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) серия МН;

- из вулканизированной резины (ГОСТ 6467-79) наружным диаметром 0,025 м.

Программа исследований включала в себя:

- определение показателей жесткости пальцев, изготовленных из различных материалов;
- сравнительная оценка полученных результатов.

Исследования проводились на лабораторной установке, представленной на рисунке 2.

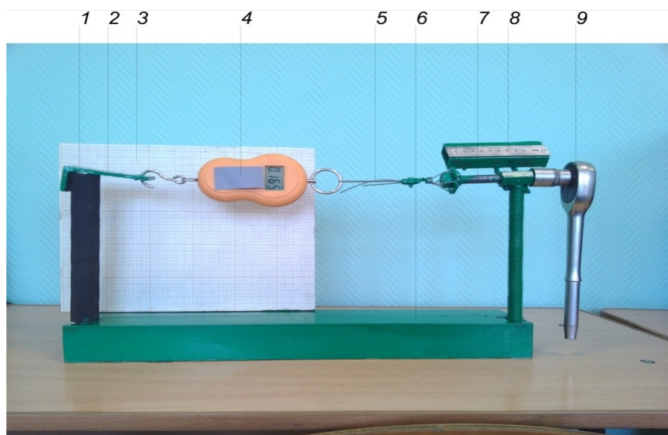


Рисунок 2 – Лабораторная установка для определения жесткости пальцев:

- 1 – палец с упругим покрытием;
- 2 – захват пальца;
- 3 – измерительная панель с миллиметровыми делениями;
- 4 – измерительный динамометр;
- 5 – металлический трос;
- 6 – основание;
- 7 – винт натяжителя;
- 8 – линейка натяжителя;
- 9 – рукоятка натяжителя

Лабораторная установка состоит из основания, на которое крепится измерительная панель с миллиметровыми делениями, пальца с упругим покрытием для проведения эксперимента, винта натяжителя для деформации пальца, рукоятки винта натяжителя, захвата пальца, измерительного динамометра в виде весов DAM ELECTRONIC SCALE (50 кг), металлического троса.

Эксперименты проводились по следующей методике: палец устанавливался на основание лабораторной установки. На пальце с металлической сердцевинкой устанавливалось съемное упругое покрытие. Высота пальца менялась с шагом в 10 миллиметров. На пальце крепился захват, связанный с измерительным динамометром в виде весов DAM ELECTRONIC SCALE, с другой стороны которого был закреплен металлический (нерастягивающийся) трос и винт натяжителя. Вращая рукоятку винта натяжителя деформи-

ровали упругое покрытие пальца, и через каждые 5 мм деформации с помощью динамометра проводили измерения силы натяжения до тех пор пока захват не соскочит с пальца. Испытания проводились в трехкратной повторности. На основании полученных данных были построены графические зависимости (рисунок 3 – 7).

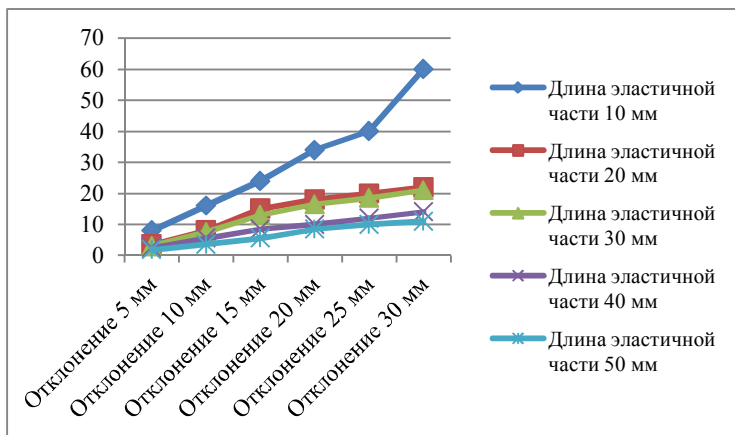


Рисунок 3 – Жесткость шланга резинового состоящий из внутреннего резинового слоя (резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины

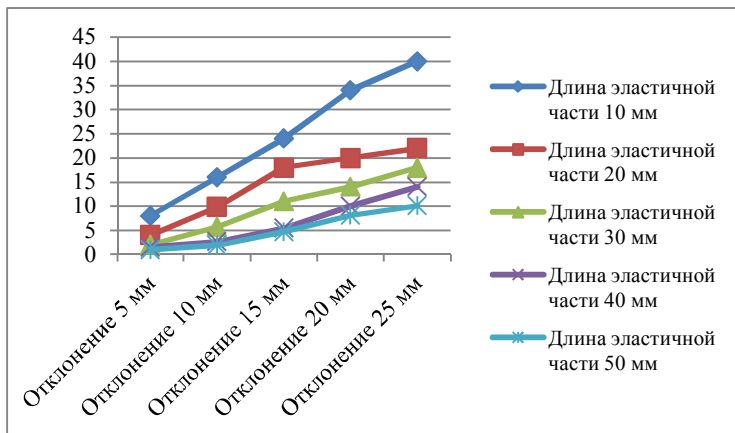


Рисунок 4 – Жесткость шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированный (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия Б

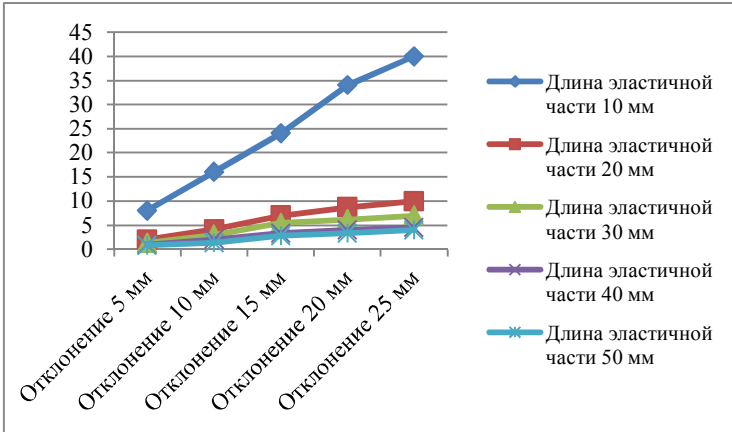


Рисунок 5 – Жесткость шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) серия МН

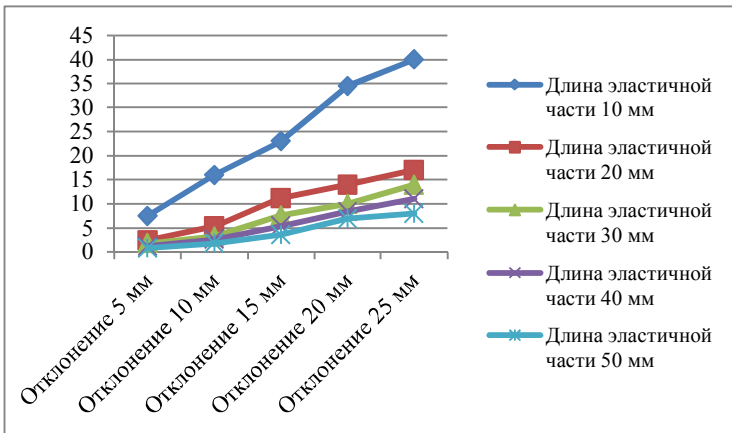


Рисунок 6 – Жесткость шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированный (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия МТ

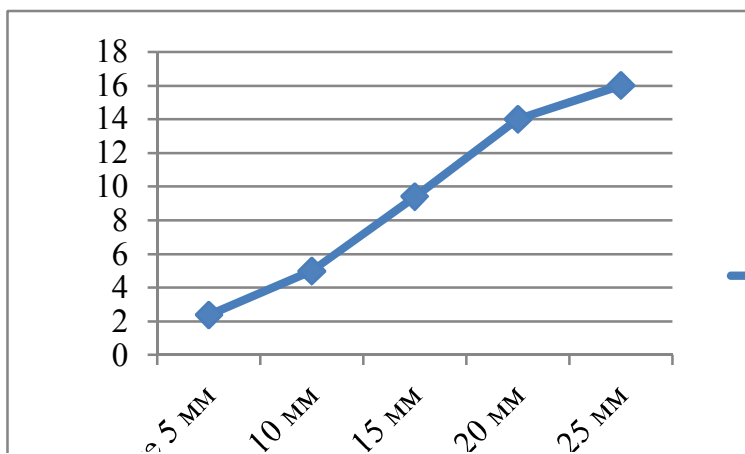


Рисунок 7 – Жесткость пальца из вулканизированной резины (ГОСТ 6467-79)

Анализ жесткости различных покрытий показал высокую изменчивость жесткости от изменения длины эластичной части пальца. Для исключения повреждений клубней картофеля с учетом зазора над полотном элеватора пальцы должны иметь длину эластичной части около 40 мм. В тоже время усилие пальцев не должно повреждать клубни. Повреждения клубней наступают при статическом сжатии с нагрузкой от 40 кг до 70 кг в зависимости от сорта картофеля. На основании анализа графиков жесткости можно сделать вывод, что для изготовления пальцев дискового ворошителя подходят упругие покрытия пальцев, армированные нитями. Наиболее подходящим являются пальцы с покрытием из армированного шланга, состоящего из внутреннего резинового слоя (резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины.

#### Список использованной литературы

1. Актуальные вопросы совершенствования картофелеуборочной техники / А.А. Симдянкин, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович и др. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №10(114). С. 985 – 1000. – IDA [article ID]: 1141510075. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/10/pdf/75.pdf>

2. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники [Текст] / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. [и др.] // Коллективная монография. – Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2010. – 186 с.

3. Перспективные направления и технические средства для снижения повреждений клубней при машинной уборке картофеля [Текст] / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2013. – № 8 (194). – С. 22–24.

4. Рембалович, Г.К. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах. / Г.К. Рембалович, Д.Н. Бышов, С.Н. Борычев [и др.] / В журн. «Вестник РГАТУ». – 2011. – № 4. С. 34–37.

5. Пат. РФ №157146 Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины / Волченков Д.А., Рембалович Г.К., Костенко М.Ю., Успенский И.А., Бышов Н.В., Борычев С.Н., Голиков А.А. – опубл. 20.11.2015. Бюл. №32.

6. Федеральная служба государственной статистики. Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство. Растениеводство [электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/economy/#)

7. Пат. 2245011 Российская Федерация, М.кл. 7 А 01 D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Борычев С.Н., Рембалович Г.К., Успенский И.А.; патентообладатель ФГОУ ВПО РГСХА. – №2003113825/12 – Опубл. 27.01.2005, бюл. № 3.

8. Пат. 2454850 Российская Федерация, МПК А01D33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей / Павлов В.А., Рембалович Г.К., Безносюк Р.В. [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ). – № 2011105511/13 ; заявл. 14.02.2011 ; опубл. 10.07.12., Бюл. №19 : ил.

9. Пат. 129345 Российская Федерация, МПК А01D17/00. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины. / Рембалович Г.К., Голиков А.А., Бышов Д. Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева" (ФГБОУ ВПО РГАТУ). – №2012133070/13 ; заявл. 01.08.2012; опубл. 27.06.13, Бюл. № 18.: ил.

10. Пат. 102171 Российская Федерация, М.кл.7 А 01 В 76/00. Устройство для гашения энергии падающих клубней плодов картофеля / Беркасов К.С., Борычев С.Н., Рембалович Г.К. [и др.]; патентообладатель ФГБОУ ВПО РГАТУ. – № 2010124021/21. – Оpubл. 20.02.2011, бюл. № 5.

**Abstract.** The article deals with the problem of choosing the material for manufacturing elastic elements of the considered means of intensification of separation. The technique and the results of the study of the rigidity of the fingers are made of different materials. On the basis of research conclusions about length of elastic part of elastic elements and the most suitable material are drawn.

УДК 631.372

**Успенский И.А.**, доктор технических наук, профессор;

**Юхин И.А.**, доктор технических наук, доцент;

**Волченкова В.А.**

*ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», г. Рязань, Российская Федерация*

## **К ВОПРОСУ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГРУЗОВ ПО РАЗЛИЧНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СХЕМАМ**

**Аннотация.** *Автомобильный транспорт является основным видом транспорта в сельском хозяйстве. На его долю приходится до 80% общего объема перевозок грузов. В статье представлены перспективные аспекты транспортировки сельскохозяйственных грузов по различным технологическим схемам на примере уборки урожая зерна.*

Сельское хозяйство играет большую роль в экономике каждого государства. Одним из наиболее затратных элементов сельского хозяйства является транспортировка грузов по различным технологическим схемам. Именно поэтому необходимо находить новые способы и методы перевозки сельскохозяйственных грузов [1, 3, 4, 5, 6].

Например, затраты на транспортирование зерна составляют 25 – 30% от общих затрат на его производство. Поэтому снижение трудовых и материальных затрат на перевозку зерна - важнейший источник снижения себестоимости и трудоемкости его производства [1, 2, 8, 9].

В зоне Нечерноземья на каждый гектар посева зерновых культур приходится перевозить около 25 т различных грузов, из них: 10 – 20 т органических удобрений, 0,5 – 1,0 т семян и минеральных удобрений, 2 – 3 т зерна, 3 – 4 т соломы, 2– 3 т технических грузов [1].

При возделывании свеклы, картофеля, овощей на каждый гектар приходится перевозить: органических удобрений 30 – 40 т, продуктов урожая 20 – 40 т, семян и минеральных удобрений 1 – 3 т [1].

Автомобильный транспорт является основным видом транспорта в сельском хозяйстве. На его долю приходится до 80% общего объема перевозок грузов. Тракторным парком выполняется около 16% объема перевозок грузов [1, 6, 7, 8].

Во время уборки урожая автомобили перевозят зерно по следующим технологическим схемам:

комбайн – зерноочистительно-сушильный ток – элеватор;

комбайн – элеватор;

комбайн – зерноочистительно-сушильный ток – склад – элеватор.

Прямые перевозки зерна с полей к местам первичной его обработки осуществляются по схеме комбайн – ток.

К особенностям работы автомобилей, обслуживающих зерноуборочные комбайны, относятся:

значительное различие в режимах движения автомобиля по дороге и полю;

выполнение сборочных операций при постоянном перемещении объекта обслуживания;

влияние на степень готовности комбайна к разгрузке значительно количества факторов - колебаний урожайности по площади поля, простоев из-за неисправности и других, вследствие чего их процесс взаимодействия с автомобилями носит вероятностный характер.

Время пребывания автомобиля на поле, даже при уборочно-транспортных комплексах, достигает 62 – 78%. Баланс сборочно-транспортного процесса складывается из: ожидания погрузки – 40 – 68%; времени переездов по полю – 19 – 40%; времени на погрузку – 13 – 20% [4].

Для улучшения взаимодействия транспортных средств и комбайнов на поле прокладывают разгрузочные и транспортные магистрали. Разгрузочные магистрали представляют собой поперечный прокос поля шириной 6 – 8 м. Они прокладываются с таким расчетом, чтобы между ними комбайн намочивал целый бункер зерна и разгружался на магистрали.

Разгрузочные магистрали позволяют автомобилям двигаться к местам погрузки по одному и тому же маршруту, в результате чего на поле появляется накатанная дорога, что дает возможность повысить техническую скорость до 20 км/ч и использовать автопоезда.

Бортовые автопоезда (рисунок 1) находят широкое применение на перевозках зерна с токов на хлебоприемные пункты, что сокращает потребность в подвижном составе, и снижает себестоимость перевозок.

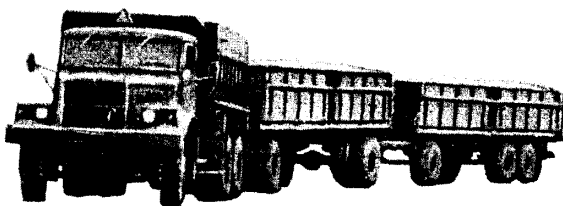


Рисунок 1 – Автопоезд на перевозке зерна с тока на хлебоприемный пункт

Для определения технологически необходимого времени простоя автомобилей в ожидании погрузки применяется математический аппарат теории массового обслуживания. В математической модели уборочно-транспортная бригада представляется в виде системы массового обслуживания с ожиданием, в которой обслуживающим аппаратом является автомобиль, обслуживаемым - комбайн. Система массового обслуживания замкнутая, с ограниченным числом автомобилей.

Поступившее в систему требование (остановка комбайна с полным бункером), застав все автомобили занятыми загрузкой других комбайнов, вынуждено ожидать своей очереди до тех пор, пока не освободится один из автомобилей. После обслуживания (разгрузки бункера) комбайны через некоторое время вновь становятся на обслуживание и т. д. Вероятностный характер уборочно-транспортного процесса предопределяет взаимообусловленные простои комбайнов и автомобилей. Для устранения простоев в технологиче-

скую цепочку вводится промежуточное звено – компенсатор, и перевозки осуществляются по схеме комбайн – компенсатор – автомобиль – ток.

В зависимости от выполняемых функций компенсаторы делятся на межоперационные и межсменные. Первые дают возможность организовать «независимую» работу комбайнов и автомобилей, на протяжении времени работы комбайнов, вторые – использовать автомобили в две-три смены при односменной работе комбайнов.

По характеру работы компенсаторы делятся на передвижные, стационарно-передвижные и стационарные. Роль компенсаторов могут выполнять автомобильные и тракторные прицепы, полуприцепы, различного рода бункера и т. п.

Недостатки при применении компенсаторов: отсутствие заранее установленных мест разгрузки комбайнов; необходимость в некоторых случаях подъезда комбайна к компенсаторам; значительное увеличение потребности в прицепном составе или необходимость строительства на каждом поле стационарных компенсаторов; ограниченность объема стационарных компенсаторов и др.

Компенсатор является одним из способов улучшения логистического обеспечения транспортирования сельскохозяйственных грузов. Развитие новых технологий и способов перевозки является перспективным направлением совершенствования функционирования современных сельскохозяйственных предприятий, повышения рентабельности их работы.

#### Список использованной литературы

1. Агрегат для внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции с устройством стабилизации положения кузова / Юхин И.А. // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. Рязань, 2011.

2. Анализ внутрихозяйственных перевозок сельскохозяйственной продукции / Аникин Н.В., Бышов Н.В., Борычев С.Н. и др. // В сборнике: Перспективные направления автотранспортного комплекса II Международная научно-производственная конференция . 2009. С. 111–113.

3. Анализ исследований влияния различных факторов на сохранность овощей и фруктов при внутрихозяйственных перевозках / Бычков В.В., Успенский И.А., Юхин И.А. // Плодоводство и ягодоводство России. 2012. Т. 30. С. 463–469.

4. Инновационные решения в технологии и технике транспортировки продукции растениеводства / Успенский И.А., Юхин И.А., Кулик С.Н., Рябчиков Д.С. // Техника и оборудование для села. 2013. № 7. С. 10–12.

5. Инновационные технические средства для транспортировки плодоовощной продукции при внутривозрастных перевозках / Борычев С.Н., Успенский И.А., Юхин И.А., Жуков К.А., Морозов А.Ю., Скопин В.Ю. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2012. № 2. С. 37–40.

6. Основные требования к техническому уровню тракторов, транспортных средств и прицепов на долгосрочную перспективу / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. и др. // В сборнике: Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции Доклады Международной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства и продовольствия республики Беларусь, Учреждение образования "Белорусский государственный аграрный технический университет", Белорусский республиканский фонд фундаментальных исследований. 2013. С. 200–202.

7. Особенности применения тракторного транспорта в технологических процессах по возделыванию сельскохозяйственных культур / Аникин Н.В., Кокорев Г.Д., Пименов А.Б., Успенский И.А., Юхин И.А. // В сборнике: Улучшение эксплуатационных показателей сельскохозяйственной энергетики Материалы III Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.М. Гуревича. Сборник научных трудов. 2010. С. 45–49.

8. Сбережение энергозатрат и ресурсов при использовании мобильной техники / Бышов Н.В., Борычев С.Н., Успенский И.А. и др. // Рязань, 2010.

9. Тенденции перспективного развития сельскохозяйственного транспорта / Успенский И.А., Юхин И.А., Рябчиков Д.С., Попов А.С., Жуков К.А. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 101. С. 2060–2075.

**Abstract.** Road transport is the main mode of transport in agriculture. It accounts for up to 80% of the total volume of cargo transportation. In the article perspective aspects of transportation of agricultural cargoes on various technological schemes on an example of harvesting of a grain grain are presented.

УДК 631.363

**Основин В.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Агейчик В.А.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Мальцевич И.В.<sup>1</sup>**, магистрант;

**Основин С.В.<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный

*технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,*

<sup>2</sup>УО «Белорусский государственный экономический университет»,  
*г. Минск, Республика Беларусь*

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ЗАГОТОВКИ И ХРАНЕНИЯ СИЛОСУЕМЫХ КОРМОВ**

***Аннотация.** В статье приведены пути развития технологических процессов и технических средств механизации при заготовке и хранении консервируемых зеленых кормов способом силосования. Главным показателем качества силосуемых кормов для животноводства является максимальное содержание в них питательных веществ и витаминов.*

Проблема хранения заготовленных в летний период сельскохозяйственных продуктов существовала во все времена. Землевладельцы Карфагена еще за 700 лет до н. э. для хранения зерна кукурузы и проса использовали ямы, которые герметически закрывали влажной глиной и землей, чтобы в них не проникали воздух и влага. Ямы или колодцы на испанском языке называли силосом [1].

Интенсивное развитие животноводческой отрасли в странах Европы (Германии, Голландии, Швеции, Норвегии и др.) подвигло к необходимости создания консервируемых кормов. Для этих целей фермеры силосовали травы (естественное и сеяние), кормовую капусту, зерновые и смеси зерновых с травами и бобовыми культурами (викой и горохом) [2]. Однако, корм получался не совсем удачным и требовалось дальнейшее совершенствование способов заготовки кормов.

В 1877 г. во Франции на практике О. Гоффар разработал технологию «холодного», или «кислого», силосования. По этой технологии зеленую массу плотно укладывали в хранилище, но силос по-

лучали с кислым вкусом. Опыт силосования Германии и Франции начали использовать в Америке, России, Швейцарии и Англии.

Английский ученый Д. Фрей в 1885 г. предложил способ «сладкого», или «горячего», силосования (силосная масса закладывалась рыхлыми слоями, и когда она разогревалась до 40 – 50°C, на нее укладывали следующий слой). По такой технологии заполняли все сооружения и укрывали мокрой соломой и землей. Эта технология использовалась до 20-х годов XX века, в том числе в России. В опытах Фрея корм получался качественным, но избежать образования нежелательных кислот и при этом способе не удавалось. Хорошие результаты опытов объясняли тем, что температура в 50°C благоприятна для развития в силосе молочнокислого брожения [3].

В США для силоса использовали кукурузу, из которой всегда получали качественный силос и силаж (измельчали кукурузу с початками), и это позволяло решать проблему кормления скота. Для хранения силоса строили силосные башни (первая башня была построена в 1873 г. фермером Ф. Харчем) [4].

Следует отметить, что в России способ заготовки кормов силосованием был известен еще в XVII веке. Этим способом заготавливали морковную, свекольную ботву, капустные листья, мелко изрезанные, в ямах, больших чанах и кадках, плотно набитых, на зиму для кормления домашнего скота, уплотняя зеленую массу вручную или животными (лошадами или волами) [5].

Зеленую массу укладывали в силосы, которые представляли собой ямы произвольной длины с наклонными стенами, а в ширину и глубину имели от 3 до 12 аршин (нормальными силосами считали ямы с вертикальными стенками, выложенными кирпичом на цементном растворе).

В Советском Союзе развитие силосования началось, когда возникли крупные механизированные хозяйства с развитым животноводством. А. А. Зубрилин разработал теоретические основы силосования кормов, получившие широкое признание [6]. Согласно концепции Зубрилина А.А. и других ученых в области кормопроизводства [7] консервирование кормов осуществляется за счет создания в силосуемой массе кислой среды и анаэробных условий (отсутствие воздуха) в результате жизнедеятельности молочнокислых бактерий. Молочнокислые бактерии превращают углеводы в мо-

лочную кислоту, которая закисляет массу до pH 3,9 – 4,2 и является консервирующей основой силоса, препятствуя развитию нежелательных, в том числе и маслянокислых бактерий.

В настоящее время получила распространение технология силосования кормов влажностью 60 – 70% в рулонах, упакованных в мешки из синтетической пленки. Мешки с кормом укладывают штабелями на твердом покрытии и дополнительно укрывают слоем пленки. Такая технология силосования и хранения позволяет снизить потери питательной ценности корма при хранении до 10% против 20 – 25% при традиционном сенажировании и 30 – 40 % при силосовании в траншеях [8].

В кормопроизводстве стран Западной и Центральной Европы получает распространение технология заготовки кормов в прямоугольных тюках массой 320-500 кг. Фирмы Claas, Welger, Lely, New Holland, AG CO поставляют на рынок машины с сечением прессовальной камеры от 800 x 700 мм до 1200 x 900 мм. Всего на рынке имеется более 18 моделей пресс-подборщиков для формирования крупногабаритных прямоугольных тюков [9].

В Германии для заготовки силоса фирмы предлагают цилиндрические емкости из пластмассы диаметром 2140 мм и высотой 1360 мм. Кроме емкостей, в комплект для заготовки входит полевой измельчитель с подборщиком и платформа с размещенными на ней емкостями. Для равномерного заполнения контейнера ему придают вращательное движение, и уплотнение массы происходит с помощью вальцевого механизма. Емкость закрывается герметично, ее можно оставлять на краю поля либо транспортировать к месту хранения. Масса заполненной емкости около 4 т [9]. В Республике Беларусь основной объем силосованных кормов заготавливают в горизонтальных хранилищах при послойном их заполнении и уплотнении массы трамбованием тракторами [10].

В Институте мелиорации и луговодства Национальной академии наук Беларуси разработана технология приготовления силоса и сенажа в горизонтальных хранилищах (патент РБ № 2547), позволяющая снизить потери питательных веществ не менее чем на 15% в сравнении с традиционной технологией.

Предлагаемая технология предусматривает порционное заполнение хранилищ (порция на одну смену), уплотнение (смятие) в

процессе разравнивания укладываемой массы и последующее сразу после заполнения части хранилища (порции) дополнительное уплотнение уложенной массы статической нагрузкой [11, 12].

Заполненный участок траншеи с «шапкой», высота которой устанавливается из того расчета, чтобы после уплотнения массы статической нагрузкой поверхность корма была не ниже верха траншеи, укрывают пленкой и бульдозером надвигают слой грунта толщиной 0,5 – 0,8 м в зависимости от влажности укладываемой массы.

На следующий день производят заполнение прилегающего участка траншеи (порции) и все операции повторяют. Концевую часть предыдущего участка (порции) шириной 2 – 1,5 м пригружают после загрузки последующего.

В РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» [13, 14] в содружестве с проектно-конструкторскими организациями в последние годы разработан комплекс машин и технологий для производства:

- сенажа в рулонах или крупногабаритных тюках с упаковкой в самоклеющуюся пленку или пленочный полимерный рукав;
- сенажа и силоса из измельченной массы с упаковкой в полимерный рукав большого диаметра.

Ключевыми техническими средствами данных технологий являются следующие: упаковочные машины «УСМ-1» – упаковщик силосной и сенажной массы в полимерный рукав; упаковщик рулонов в рукав «УПР-1», предназначенный для закладки на хранение в полимерный рукав запрессованной в рулоны сенажной и силосной массы из провяленных трав; обмотчик рулонов сенажной массы из провяленных трав самоклеющейся пленкой «ОР-1».

В последние годы применяются технологии заготовки силосованных кормов, обеспечивающих получение кормовых материалов с питательной ценностью, незначительно отличающейся от исходного сырья (в рулонах, крупногабаритных тюках, плёночных рукавах, с упаковкой в полимерную плёнку). Эффект достигается высокими темпами заготовки, поточным проведением всех операций с минимальным применением ручного труда, стабильной и контролируемой плотностью упа-

ковки на хранение, надёжной изоляцией от атмосферного воздуха, слабой зависимостью от погодно-климатических условий.

При этих способах заготовки потери питательных веществ не превышают биологически неизбежных, срок гарантированной сохранности корма достигает двух лет, в процессе заготовки не происходит загрязнения растительной массы, консервирование завершается в кратчайшие сроки.

В крупных хозяйствах с поголовьем не менее 1 тыс. голов и имеющих современные кормоуборочные комбайны, лучше всего хранить основную массу силоса в траншеях. Если в хозяйстве нет силосных траншей, то можно использовать заготовку силоса в пленочных рукавах. Эта технология особенно подходит фермам с численностью 50 – 200 голов крупного рогатого скота (КРС).

На основании анализа всех перечисленных альтернативных технологий можно заключить, что главным недостатком их является хранение упакованных тюков, пленочных мешков и рукавов на открытых площадках. Это в климатических условиях Республики Беларусь приводит к значительному промерзанию рулонов, мешков и рукавов по окружности. Необходим постоянный контроль за герметичностью упаковки. Кроме того, зарубежные способы требуют специальной дорогостоящей техники. Поэтому в Республике Беларусь, как и за рубежом, предпочтение отдается наземным траншейным хранилищам. Достоинство траншейных хранилищ – возможность в короткие сроки заготавливать большое количество консервированного корма, обеспечивая широкий фронт работ при закладке и трамбовке массы, а также использования в них всех видов мобильного транспорта – предопределило широкое распространение и перспективность этого типа хранилищ.

И, наконец, при определении потребности в кормах в хозяйствах немаловажным является оперативный и обоснованный выбор оптимальных ресурсо- и энергосберегающих технологий приготовления кормов из выращенного урожая кормовых культур, с учетом наличия финансовых и материально-технических средств, погодных условий, рыночной конъюнктуры.

Список использованной литературы

1. Преимущество использования силосованных кормов. Исторический очерк. – Режим доступа: <http://uchise.ru/docs/index-258714.html> (дата обращения : 20.01.2014).
2. Уотсон, С. Приготовление силоса / С. Уотсон, М. Нэш. – М.: Колос, 1974. – 415 с.
3. Нэш, М. Д. Консервирование и хранение сельскохозяйственных продуктов: справочная книга / М. Д. Нэш. – М.: Колос, 1981. – 311 с.
4. Гордеев, Г.С. Организация силосования кормов в США и Англии / Г.С. Гордеев. – М.: Сельхозгиз, 1958. – 69 с.
5. Лаптев, Г.Ю. Из истории силосования в России / Г.Ю. Лаптев, И.А. Тихонович // Сельскохозяйственные вести. – 2003. – № 4. – С. 20.
6. Зубрилин, А.А. Силосование кормов: теория вопроса / А.А. Зубрилин, Е.И. Мишустин. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 228 с.
7. Зафрен, С.Я. Технология приготовления кормов : справ. пособие / С. Я. Зафрен. – М.: Колос, 1997. – 210 с.
8. Миниш, Г. Производство говядины в США: мясное скотоводство / Г. Миниш, Д. Фокс. – М.: Агропромиздат, 1986. – 478 с.
9. Ярмоленко, Л.С. Техникой CLAAS заготавливают отличные корма: [кормоуборочная техника немецкой фирмы] / Л.С. Ярмоленко // Животноводство России. – 2007. – № 8. – С. 58–59.
10. Мееровский, А.С. Интенсификация кормопроизводства Беларуси / А.С. Мееровский // Ресурсосберегающие технологии в кормопроизводстве, проблемы и пути совершенствования: материалы науч.-практ. конф. молодых ученых и аспирантов. – Горки, 2003. – С. 8–11.
11. Черник, П.К. Новая технология консервирования зеленых кормов // Кормопроизводство. – 1997. – № 4. – С. 137–140.
12. Совершенствование технологии приготовления силоса и сенажа / П. К. Черник [и др.] // Мелиорация переувлажненных земель: сб. науч. работ. – Минск: БелНИИ мелиорации и луговодства, 1999. – Т. 46. – С. 256–267.
13. Особенности технологий и техническое обеспечение заготовки кормов из трав и силосных культур: рекомендации. –

Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2011. – 52 с.

14. Современные механизированные технологии заготовки кормов из трав и перспективы их развития / И. М. Лабочкий [и др.] // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. науч.-практ. конф. (Минск, 19–20 окт. 2010 г.): в 2 т. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства, 2010. – Т. 2. – С. 8–13.

**Abstract.** Paths of development of technological processes and technical means of mechanization at preparation and storage of the preserved green forages by way of ensilage are given in article. The main indicator of quality of the ensiled forages for livestock production is the maximal content in them of nutrients and vitamins.

УДК 631.363.21

**Авраменко П.В.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Вабищевич А.Г.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;

**Гуд А.В.**<sup>1</sup>, старший преподаватель;

**Попов В.Б.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный

технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>УО «Гомельский государственный технический университет имени

П.О. Сухого», г. Гомель, Республика Беларусь

## **ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ДОИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА В ТЕХНОЛОГИИ ЗАГОТОВКИ СИЛОСА**

**Аннотация.** В данной статье представлен обзор систем доизмельчения зерна используемых на современных кормоуборочных комбайнах.

Современные самоходные кормоуборочные комбайны в обязательном порядке оснащают доизмельчающими устройствами, которые используются при уборке кукурузы на силос.

Ведущие зарубежные изготовители кормоуборочной техники для потребителей своей техники предлагают различные виды доизмельчающих устройств и соответственно обоснованные варианты их использования.

На данный момент используются три основных вида доизмельчающих устройств: вальцовые, дисковые и роторные.



Рисунок 1 – Виды доизмельчающих устройств кормоуборочных комбайнов: а) вальцовые; б) дисковые; в) роторные

Как правило, изготовитель комплектует свои серийные машины одним видом доизмельчителя, при этом другими видами или типами оснащают машины, отличающиеся по мощности и производительности или опционально (РОСТСЕЛЬМАШ, ГОМСЕЛЬМАШ, KRONE) [1–9].

Например, фирма KRONE [5, 6] оснащает все свои кормоуборочные комбайны вальцовыми доизмельчающими устройствами при этом опционально возможна установка валцов, покрытых твердым хромом с повышенной износостойкостью или дискового устройства.

Фирма CLAAS считается лидером в данном направлении и использует концепцию дифференцированного оснащения своих машин по системе MULTI CROP CRACKER (MCC), т.е. в конструкции технологического тракта кормоуборочного комбайна используется доизмельчающее устройство с возможностью установки трех различных типов валцов в зависимости от поставленных практических задач. При этом легкий доступ к валцам обеспечивает их быструю замену, что позволяет достаточно быстро и легко адаптировать машину к различным видам культур и условиям уборки [7–9].

Базовым типом доизмельчающего устройства устанавливаемого на кормоуборочные комбайны фирмы CLAAS являются валцы с пилообразным профилем MCC CLASSIC (рисунок 2, а) с разностью частот вращения 30%, которые используются при получении мелкоизмель-

ченного силоса с длиной резки от 3,5 до 12 мм, который в основном применяется в биогазовых установках. На моделях с мощностью двигателя менее 600 л.с. устанавливаются вальцы с диаметром 196 мм, на более мощные модели с диаметром 250 мм, что позволяет при высокой производительности машин сохранить требуемое качество доизмельчения зерна. Данные типы вальцов используются с измельчающими барабанами V-MAX с 24 и 36 ножами.

Для длины резки в диапазоне 7 – 22 мм (измельчающий барабан V-MAX с 24 ножами) используются вальцы MULTI CROP CRACKER MAX (MCC MAX) (рисунок 2, б), которые состоят из 15 больших и 15 малых кольцевых сегментов с наклонными терочными зубьями, тем самым изготовитель в первую очередь добился повышения рабочей площади трения на 10% по сравнению с вальцами MCC CLASSIC.

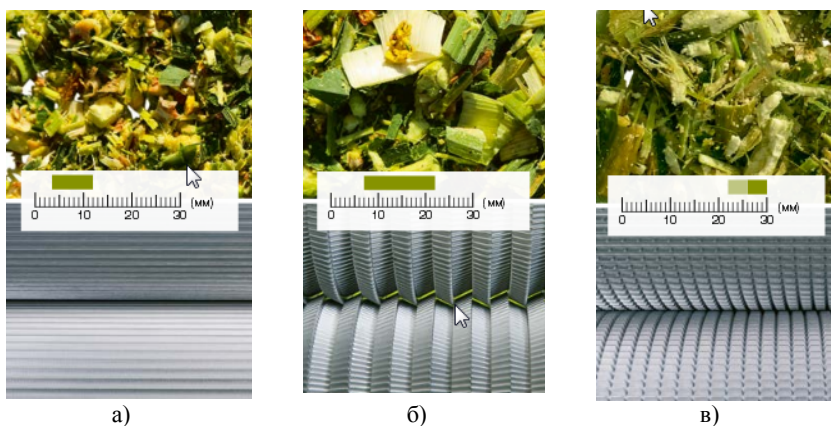


Рисунок 2 – Типы вальцов дифференцированной системы доизмельчения зерна MULTI CROP CRACKER (MCC) фирмы CLAAS:  
а) MCC CLASSIC; б) MCC MAX; в) MCC SHREDLAGE

Кроме того, благодаря инновационной геометрии кольцевых сегментов вальцов их взаимодействие с измельченным растительным материалом осуществляется не только за счет интенсивного плющения и трения, но и за счет дополнительной резки, которая позволяет достигнуть высокой степени расщепления стеблей кукурузы на отдельные волокна. При этом практическое применение показало эффективное одновременное использование силоса полученного при использовании данного типа вальцов не только для кормления КРС, но и для биогазовых установок. Также

данный тип валцов может использоваться в более широком диапазоне длины измельчения и влажности при сохранении высокого качества обработки.

Технология заготовки силоса «SHREDLAGE» предполагает более интенсивное измельчение кукурузы на длину резки – 26–30 мм. Валцы SHREDLAGE (рисунок 2, в) с пилообразным профилем и дополнительной противоходной спиральной канавкой работают с разностью частот вращения 50 %. Это позволяет зернодробилке MCC SHREDLAGE добиться полного растирания кукурузного зерна и получить расчепленные стержни кукурузных початков. Обработанная таким образом растительная масса требует минимального количества проходов уплотнителя, так как она практически не имеет жесткости и упругости.

Данные типы валцов используются с измельчающим барабаном V-MAX с 20 ножами, на которые могут устанавливаться полуножи (рисунок 3), обеспечивающие как увеличение длины резки, так и получение однородной структуры растительной массы за счет более равномерной подачи к доизмельчителю.

Применение валцов SHREDLAGE в технологии заготовки силоса позволяет снизить количество используемого корма при одновременном увеличении надоев, а также позволяет уменьшить добавление соломы в корм, или даже вовсе обойтись без нее, что несет существенный потенциал для экономии.

Тем не менее изготовитель указывает на необходимость контроля за размером зазора между валцами который влияет на интенсивность дробления и измельчения обрабатываемой массы, и соответственно на расход мощности при работе машины.



Рисунок 3 – Полуножи установленные на измельчающем барабане V20

**Заключение.** Рассмотренные виды и типы доизмельчающих устройств, применяемые на современных кормоуборочных комбайнах, позволяют получать заготавливаемый кормовой материал использовании, которого увеличивает молокоотдачу и привесы КРС.

Список использованной литературы

1. Кормоуборочный комбайн RSM 1401 // ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: [https://rostselmash.com/products/forage\\_harvesters/RSM\\_1401/](https://rostselmash.com/products/forage_harvesters/RSM_1401/) – Дата доступа: 30.04.2018.

2. Кормоуборочный комбайн DON 680M // ООО Комбайновый завод «Ростсельмаш». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: [https://rostselmash.com/products/forage\\_harvesters/DON\\_680M/](https://rostselmash.com/products/forage_harvesters/DON_680M/) – Дата доступа: 30.04.2018.

3. Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК-8060 «ПАЛЕССЕ FS8060» // ОАО «Госсельмаш». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.gomselmash.by/produksiya/kormouborochnye-kombainy/kvk-8060-palesse-fs8060.html> – Дата доступа: 07.05.2018.

4. Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный КВК-800 «ПАЛЕССЕ FS80» // ОАО «Госсельмаш». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.gomselmash.by/produksiya/kormouborochnye-kombainy/kvk-800-palesse-fs80.html> – Дата доступа: 07.05.2018.

5. Big-X-480-530-580-630 // ООО «КРОНЕ Русь». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.krone-rus.ru/p%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/katalog-produkcii/kormouborochnyi-kombain/big-x-480-530-580-630/> – Дата доступа: 12.05.2018.

6. Big-X-700-770-850-1100 // ООО «КРОНЕ Русь». [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.krone-rus.ru/p%D1%83%D1%81%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9/katalog-produkcii/kormouborochnyi-kombain/big-x-700-770-850-1100/> – Дата доступа: 12.05.2018.

7. Силосоуборочные комбайны JAGUAR 870, 860, 850, 840, 830 // CLAAS KGaA mbH. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.claas.ru/blueprint/servlet/blob/1528498/24695465c94731391475cf7d0c94eeaf/303041-dataRaw.pdf> – Дата доступа: 15.05.2018.

8. Силосоуборочные комбайны JAGUAR 980, 970, 960, 950, 940 // CLAAS KGaA mbH. [Электронный ресурс]. – 2018. –

Режим доступа: <http://www.claas.ru/blueprint/servlet/blob/1527326/032da725067e39affb5868b8bfcba1d4/303069-dataRaw.pdf> – Дата доступа: 15.05.2018.

9. Зернодробилки CLAAS Corncracker. Технология обработки измельченной массы. // CLAAS KGaA mbH. [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <http://www.claas.ru/blueprint/servlet/blob/798802/97838a6aa2cf49b686dd6d7e31f7dcc9/261473-dataRaw.pdf> – Дата доступа: 15.05.2018.

**Abstract.** The review of the systems of grain refinement used on the modern forage harvesters is presented in this article.

УДК 621.878.448

**Смирнов А.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук;  
**Серебрякова Н.Г.<sup>1</sup>**, кандидат педагогических наук, доцент;  
**Шостак В. Г.<sup>2</sup>**, кандидат военных наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **УЛУЧШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ СИЛОВЫХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОКОВШОВЫХ ФРОНТАЛЬНЫХ ПОГРУЗЧИКОВ**

**Аннотация.** Рассмотрены методики расчета кинематики погружного оборудования одноковшовых фронтальных погрузчиков, позволяющие улучшить их силовые и кинематические параметры.

**Введение.** Одноковшовые погрузчики широко применяются в различных отраслях для погрузки и транспортирования сыпучих и кусковых материалов, а при установке сменного рабочего оборудованья для выполнения ряда других работ.

**Основная часть.** Основным рабочим органом погрузчика является ковш, установленный на конце стрелы. Следует отметить, что

для большинства кинематических схем рычажного механизма поворота ковша наиболее рациональной является схема перекрестного типа. Она обеспечивает лучшие технико-эксплуатационные показатели, поэтому принята для большинства погрузчиков, однако не обеспечивает строго поступательное движение рабочего органа.

На этапе проектирования определяются кинематические и силовые параметры одноковшовых фронтальных погрузчиков, которые должны соответствовать существующим стандартам.

Проблема заключается в том, что в существующей методике при построении кинематической схемы погрузочного оборудования стрелу предлагается изображать в пяти положениях (от нижнего до верхнего), затем конструктивно путем прочерчивания и подбора определяются элементы рычажной системы [1]. Процесс является громоздким, его приходится повторять, что занимает много времени. Кроме этого, в расчет не принимается такой важный параметр, как выглубляющее усилие ковша, которое является следствием построения кинематической схемы и практически всегда не будет максимальным. Для устранения указанных недостатков было создано несколько методик расчета кинематической схемы погрузочного оборудования, позволяющих улучшить ее силовые и кинематические параметры.

Рассмотрим некоторые из них.

В силу вышесказанного, в методике [2] для упрощения построения всей кинематики и определения максимального вырывного усилия ковша использовалось только одно (нижнее) положение стрелы. Это возможно осуществить, основываясь на работе [3], где ковш (или любой другой рабочий орган) при подъеме стрелы с перекрестным ( $Z$  – образным) рычажным механизмом движется строго поступательно.

Для решения данной задачи использовался графоаналитический метод.

Изображаем положение, при котором ковш находится горизонтально – положение выглубляющего усилия (рисунок 1):

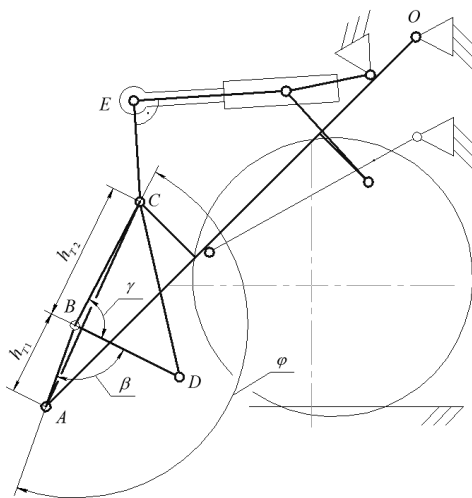


Рисунок 1 – Схема для расчета переменного передаточного отношения  $h_{T2}/h_{T1}$  рычажной системы

В результате проведенных теоретических расчетов и построений с учетом наложенных ограничений на кинематику ковша окончательно было установлено

$$f(\beta) = h_{T2} / h_{T1} = BC \sin(\varphi - \beta) / R_K \sin \beta, \quad (1)$$

где  $\beta$  – угол между радиусом вращения стрелы  $R_K=AB$  и тягой  $BD$ ;  $h_{T1}, h_{T2}$  – соответственно плечи тяги  $BD$  относительно шарниров  $B$  и  $C$ .

Для определения экстремума функции берем производную от выражения (1) по переменной  $\beta$  и приравняем ее к нулю:

$$f'(\beta) = -\frac{BC}{R_K} \frac{\cos[(-\varphi) + \beta]}{\sin \beta} + \frac{BC}{R_K} \frac{\sin[(-\varphi) + \beta]}{\sin^2 \beta} \cos \beta = 0. \quad (2)$$

Решение уравнения (2) относительно  $\beta$  при остальных известных параметрах определяет угол между рычагом  $AB$  и тягой  $BD$ , при котором переменное передаточное отношение  $h_{T2} / h_{T1}$  имеет минимум, следовательно выгибающее усилие  $N_B$  является максимальным. Ковшовый гидроцилиндр и верхнюю часть рычага  $ECD$  располагаем взаимно перпендикулярно. Плечо  $EC$  рычага,

ходы ковшового и стрелового гидроцилиндров, координаты крепления их к порталу, а также варианты установки определяем по методикам, изложенным ниже.

В работе [4] приведен расчет выходных характеристик механизма подъема фронтального погрузчика. Однако, такие параметры, как ход стреловых гидроцилиндров  $S$  и радиус вращения стрелы  $R$  здесь входят в исходные данные для расчета, хотя при проектировании гидромеханизма подъема стрелы они являются неизвестными и методика их расчета отсутствует, что является проблемой при построении кинематики.

Для решения этой задачи предложен метод аналитического расчета некоторых кинематических и динамических параметров гидромеханизмов подъема стрелы и поворота ковша одноковшового фронтального погрузчика [5], который позволяет решить эту проблему и является предпосылкой к исследованию скоростных и силовых характеристик погрузочного оборудования.

Данная методика расчета была реализована на ЭВМ в среде Mathcad решением системы нелинейных уравнений с двумя неизвестными  $S$  и  $R$  заданных неявно при проектировании погрузчиков «Амкодор» и показала свою эффективность благодаря уменьшению трудоемкости выбора кинематических и силовых показателей погрузочного оборудования и сокращению времени на разработку.

Разработана также методика [6], где использован метод инверсии и дающая конструктору возможность выбора из двух полученных идентичных вариантов компоновки гидромеханизма подъема стрелы на оптимальный, который лучше подходит в условиях ограниченного пространства или по другим соображениям и поэтому часто может быть единственным, что расширяет возможности, сокращает время и повышает качество проектных работ. Данная методика расчета была использована при проектировании погрузчиков «Амкодор», является универсальной и может быть распространена на любые машины (в том числе сельскохозяйственные), имеющие безрычажные схемы гидромеханизмов поворота звеньев.

**Заключение.** Таким образом, рассмотренные методики дают возможность создать в совокупности единую систему расчета кинематической схемы погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика, позволяющую максимально использовать функцио-

нальные возможности ковшового гидроцилиндра (наибольшее выглубляющее усилие при одном и том же давлении и ходе штока), сократить время разгрузки ковша и осуществить автоматический возврат его в положение черпания, выбрать рациональный вариант установки стреловых гидроцилиндров, обеспечить строго поступательное движение рабочих органов (ковша, крановой безблочной стрелы, вил и др.) при перекрестной схеме рычажной системы, уменьшить время цикла и тем самым повысить производительность выполняемых работ, а также улучшить удобство работы оператора.

Список использованной литературы

1. Базанов, А.Ф., Забегалов Г.В. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.

2. Смирнов, А.Н. Методика определения максимального выглубляющего усилия одноковшового погрузчика / А. Н. Смирнов Н.Д. Лепешкин // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Междунар. научн.-техн. конф.: в 3 т. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Т.2. – С. 45–50.

3. Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика: пат. 16237 Респ. Беларусь, МПК 16237 С2 Е 02F 343 / А.Н. Смирнов; заявитель ОАО «Амкорд». – № а 20091596; заявл. 12.11.09; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 109.

4. Тарасов, В.Н. Аналитическое исследование механизма подъема стрелы фронтального погрузчика / В.Н. Тарасов, А.Н. Подсвилов // В межвуз. сб.: Гидропривод и системы управления строительных, тяговых и дорожных машин. – Новосибирск, 1978.

5. Смирнов, А.Н., Лепешкин Н.Д. Расчет некоторых кинематических и динамических параметров погрузочного оборудования одноковшового фронтального погрузчика / А.Н. Смирнов, Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С.64.

6. Смирнов, А.Н. Выбор рациональных координат установки гидроцилиндров подъема стрелы погрузчика / А.Н. Смирнов,

Н.Д. Лепешкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Межведомственный тематический сборник / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства». – Мн., 2012. – Вып. 46. – С.68.

7. Попов, А.И. Проектирование системы обучения будущих инженеров сельскохозяйственного производства инновационной деятельности / А.И. Попов, В.М. Синельников, Н.Г. Серебрякова // КазНАУ: исследования и результаты. – 2017. – №3.

8. Серебрякова, Н.Г. Современные концепции инженерного образования: анализ в рамках компетентностного подхода / Н.Г. Серебрякова // Высшая школа. – 2017. – №6. – С. 23–28.

9. Серебрякова, Н.Г. Интеграция содержания дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального циклов учебного плана технического вуза / Н.Г. Серебрякова, Л.С. Шабека, Е.В. Галушко // Профессиональное образование. – 2017. – №2. – С. 19–23.

**Abstract.** Syn methods cast kinematics loading equipment single-bucket frontal loaders, make it possible improve them force and kinematical characteristic.

УДК 631.312

**Мисуно О.И.**, кандидат технических наук, доцент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **МОДУЛЬНАЯ СХЕМА ПОСТРОЕНИЯ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА**

***Аннотация.** Эффективным направлением реализации возрастающих мощностей двигателей колесных тракторов «Беларус» на пахоте является модульная схема построения агрегата, включающая энергетический модуль и технологический модуль с приводными колесами. Между модулями навешивается рабочая машина – плуг. Такая схема построения позволяет повысить производительность пахотного агрегата в результате снижения потерь мощности на буксование движителей по сравнению с классической схемой построения.*

Анализ потенциальных тяговых характеристик тракторов (зависимость тяговой мощности трактора от его тягового усилия) показывает, что максимальная тяговая мощность достигается при определенных взаимосвязанных значениях тягового усилия и действительной скорости движения. Поэтому, по сложившейся практике, при повышении энергонасыщенности трактора его возрастающую тяговую мощность реализовывают увеличением тягового усилия трактора для агрегатирования широкозахватных сельскохозяйственных машин или увеличением скорости движения агрегата.

В первом случае повышение производительности агрегата сопровождается увеличением сцепного веса сельскохозяйственного трактора, что повышает расход энергии на его перемещение, который составляет до 40% номинальной мощности двигателя. Во втором случае повышение производительности агрегата за счет увеличения скорости ведет к интенсивному росту тягового сопротивления почвообрабатывающей машины и в конечном счете возрастают энергетические затраты на выполнение технологического процесса. При этом темп прироста производительности агрегата как за счет увеличения ширины захвата, так и за счет увеличения скорости движения отстает от темпа роста мощности двигателя трактора.

Противоречие агротехнических требований и развития функциональных характеристик трактора тяговой концепции (мощность двигателя реализуется через тяговое усилие) достигло критического состояния и создает объективные трудности в дальнейшем совершенствовании их параметров, так как нельзя поступиться одними требованиями в пользу других. Так повышение мощности колесного трактора класса 5 в рамках тяговой концепции невозможно, так как требует увеличения его эксплуатационного веса.

Противоречие между необходимостью снижения веса трактора и сохранением тягово-сцепных свойств можно устранить, если в качестве сцепного использовать не только вес трактора, но и вес всего агрегата, включая технологическую часть.

Эффективный способ увеличения сцепного веса в агрегате – оснащение его технологической части ведущими колесами, приводимыми от системы отбора мощности или гидравлической системы трактора. В этом случае только часть мощности двигателя будет реализоваться через ходовую систему трактора.

Перспективное направление для использования высокоэнергонасыщенных тракторов «Беларус» на пахоте открывает модульная схема построения агрегата, включающая энергетический модуль (источник энергии, в качестве которого используется трактор) и технологический модуль, получающий привод от энергетического модуля. Между модулями навешивается рабочая машина – плуг. Технологический модуль – это приспособление в виде тележки-сцепки с приводом колес от двигателя.

Предлагается конструкция технологического модуля пахотного агрегата (рисунок 1) состоящего из двух гидромотор-колес 1, установленных на подвижной части рамы 2. Неподвижная 3 и подвижная части рамы соединены между собой шарнирно и перемещаются одна по отношению к другой посредством двух гидроцилиндров 4. На неподвижной части рамы установлена поворотная опора 5 плуга, позволяющая переводить рабочие органы из транспортного в лево или правооборачивающее положение.

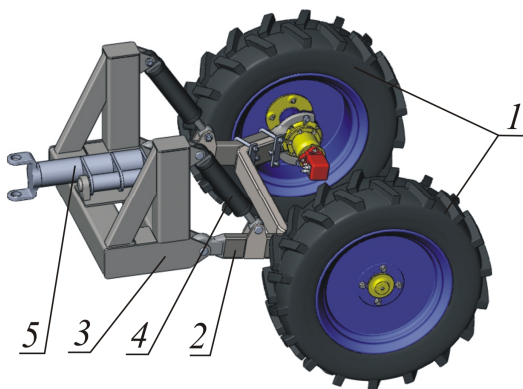


Рисунок 1 – Технологический модуль пахотного агрегата

Каждое колесо технологического модуля получает привод от гидромотор-колеса (рисунок 2), состоящего из гидравлического высоко-моментного мотора 1, устанавливаемого в стакане 2, закрепленном на корпусе планетарного редуктора 5. Вал гидромотора соединяется с валом – солнечной шестерней 4 посредством обгонной муфты.

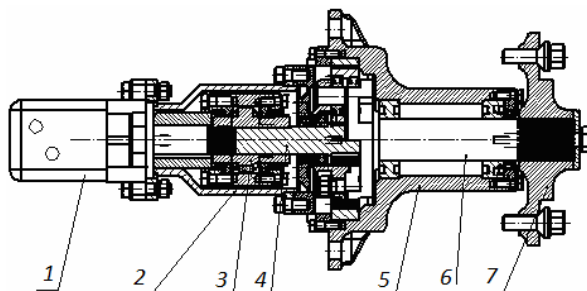


Рисунок 2 – Разрез гидромотор-колеса

Обгонная муфта автоматически отсоединяет гидромотор от колеса при выключенном приводе последнего. Ступица колеса 7 устанавливается на валу водила 6 планетарного редуктора. Конструкция планетарного редуктора обеспечивает передаточное число равное 5,53.

Привод гидромоторов колес технологического модуля осуществляется от гидравлической станции, монтируемой на тракторе и приводимой во вращение от ВОМ трактора. Двухпоточная передача мощности на плуг – через ВОМ и прицепное устройство – позволяет осуществить полное использование мощности энергонасыщенных тракторов.

Эффективным способом передачи мощности от ВОМ трактора к ведущим колесам технологического модуля пахотного агрегата является применение объемного или гидростатического привода, который обладает в рассматриваемом случае рядом преимуществ перед другими видами приводов машин:

1. Большое быстродействие и наибольшая механическая и скоростная жесткость.

2. Бесступенчатое регулирование скорости движения выходного звена гидropередачи и обеспечение малых устойчивых скоростей (минимальная частота вращения вала гидромотора может составлять 2...3 мин<sup>-1</sup>).

4. Автоматическая защита гидросистем от вредного воздействия перегрузок благодаря наличию предохранительных клапанов.

3. Простота автоматизации работы гидрофицированных механизмов, возможность автоматического изменения их режимов работы по заданной программе.

На основе анализа тяговых характеристик колесных тракторов «Беларус» можно отметить, что при буксовании движителей в агротехнически допустимых пределах до 15% трактор развивает тяговое усилие порядка 40 % от сцепного веса. Тогда при модульной

схеме построения пахотного агрегата на колеса технологического модуля вес в пределах 20 кН ( $\approx 15$  кН – половина 5-6 корпусного оборотного плуга +  $\approx 8$  кН – вес ТМ). Тогда тяговое усилие технологического модуля должно составлять в пределах  $F_M = 11$  кН. При наибольшей скорости движения пахотного агрегата  $v = 2,5$  м/с тяговая мощность технологического модуля будет равна

$$P_M = F_M \cdot v = 11 \cdot 2,5 = 27,5 \text{ кВт.} \quad (1)$$

Такую мощность может отдавать аксиально-поршневой регулируемый насос, выпускаемый ОАО «Гидросила» (г. Кировоград) НП-71, предназначенные для объемных гидроприводов, работающих по закрытой схеме. Подача насоса прямо пропорциональна частоте вращения его ротора и рабочему объему, который регулируется путем изменения угла наклонной шайбы. Направление потока рабочей жидкости изменяется благодаря повороту наклонной шайбы в противоположные стороны относительно ее нейтрального положения.

Наибольшая частота вращения вала гидромотора, при диаметре колес технологического модуля  $D_M = 1$  м и с учетом передаточного числа планетарного редуктора, будет составлять

$$n_M = \frac{v}{\pi D_M} \cdot i = \frac{2,5 \cdot 60}{3,14 \cdot 1} \cdot 5,53 = 263 \text{ мин}^{-1}. \quad (2)$$

Тогда для привода колес технологического модуля пахотного агрегата необходимо использовать реверсивные высокомоментные гидравлические моторы. Наиболее отвечают поставленным требованиям гидравлические орбитальные моторы фирмы «Sauer-Danfoss» OMR 200.

В состав привода колес технологического модуля входит гидравлический бак емкостью 50 л, который в себя включает: фильтро-заливную горловину-сапун ФВ, предназначенный для заливки рабочей жидкости (РЖ) в бак и выравнивания давления в баке при изменении уровня РЖ; измеритель уровня и температуры ИУТ, обеспечивающий контроль за уровнем и температурой РЖ в гидробаке; фильтр сливной Ф серии HF554, обеспечивающий требуемый уровень фильтрации рабочей жидкости.

Отвод избыточного тепла от рабочей жидкости обеспечивается маслоохладителем ОАС 200 с электрическим мотором постоянного тока.

Таким образом, при использовании модульной схемы построения пахотного агрегата отпадает необходимость соответствия между массой энергетического модуля и мощностью его двигателя, так как тяго-

вое усилие создается массой всего агрегата, включая массу рабочей машины и технологического модуля. Такая схема построения позволяет повысить производительность пахотного агрегата в результате снижения потерь мощности на буксование движителей по сравнению с классической схемой построения. Причем наименьшие потери мощности на буксование при работе пахотного агрегата, построенного по модульной схеме достигаются при одинаковых буксованиях движителей модулей и при этом тяговые усилия модулей пропорциональны их сцепному весу. На технологическом модуле может навешиваться не только основная секция плуга, но и дополнительная, а также различные технологические емкости.

**Abstract.** The efficient direction of realization of the increasing capacities of engines of the wheel Belarus tractors on a plowed land is the modular scheme of creation of the unit which is turning on the power module and the technological module with drive wheels. Between modules the working car – a plow is hung. Such scheme of construction allows to increase productivity of the arable unit as a result of decrease in losses of power on slipping of propellers in comparison with the classical scheme of construction.

УДК 631.374:621.879.326

**Смирнов А.Н.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук;

**Серебрякова Н.Г.**<sup>1</sup>, кандидат педагогических наук, доцент;

**Шостаков В. Г.**<sup>2</sup>, кандидат военных наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ МЕХАНИЧЕСКОГО СЛЕЖЕНИЯ РАБОЧЕГО ОРГАНА ОДНОКОВШОВОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПОГРУЗЧИКА**

**Аннотация.** В статье рассматривается система механического слежения рабочего органа одноковшового фронтального погрузчика, сочетающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов.

**Введение.** Погрузочное оборудование одноковшовых фронтальных погрузчиков в большинстве случаев оснащено механической системой слежения рабочего органа с помощью рычажного механизма, так эта система более проста и надежна по сравнению с гидравлической. При этом применяют два основных вида оборудования: с перекрестным и параллелограммным рычажными механизмами [1].

Погрузочное оборудование с перекрестным поворотным механизмом наиболее выгодно, так как самая тяжелая операция – запрокидывание ковша при наполнении выполняется замедленно поршневой полостью гидроцилиндра поворота при наибольшем усилии, а его разгрузка – ускоренно штоковой полостью; он хорошо скомпонован и виден с пульта управления.

Недостатками перекрестного поворотного механизма являются отсутствие кинематического сохранения уровня рабочего органа, которое особенно важно при выполнении погрузочно-разгрузочных работ с грузовыми вилами, а также повышенные энергозатраты при работе с основным ковшом и другими сменными рабочими органами, поскольку в зависимости от кинематики они могут запрокидываться на некоторые дополнительные углы в верхнем положении стрелы по сравнению с минимально допускаемыми, что связано с определенными энергозатратами.

Параллелограммный рычажный механизм обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, но в соответствии с компоновкой переднего моста у погрузчиков он расположен рычажной системой сверху стрелы. Запрокидывание ковша осуществляется штоковой полостью гидроцилиндра ковша, что уменьшает вырывное усилие, время его запрокидывания, наполнение, производительность и является недостатком.

Для возврата ковша в положение черпания при его разгрузке применяют разгрузку на упор (на определенный ход ковшового гидроцилиндра), осуществить которую по условиям кинематики и компоновки рычажного механизма не всегда представляется возможным.

**Основная часть.** Для устранения указанных недостатков предложена система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика механического типа, соче-

тающая достоинства перекрестного и параллелограммного рычажных механизмов, которая обеспечивает кинематическое сохранение уровня рабочего органа, максимальное использование функциональных возможностей ковшового гидроцилиндра, а также осуществление возможности автоматического возврата ковша в положение черпания [3].

Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика содержит стрелу, рабочий орган и три четырехзвенника: первый и третий представляют собой перекрестные поворотные механизмы, причем третий четырехзвенник геометрически подобен первому, а второй рычажный механизм является параллелограммом. При этом ковшовый гидроцилиндр, входящий во второй четырехзвенник, закреплен на цапфах, выполненных в виде осей, вваренных соосно в гильзу ковшового гидроцилиндра и опирающихся на подшипники. Это уменьшает его габариты и металлоемкость и позволяет легко скомпоновать данную рычажную систему, а также обеспечить автоматический возврат ковша из положения разгрузки в положение черпания, что сокращает время рабочего цикла и повышает удобство работы оператора.

Система работает следующим образом.

После наполнения ковша 13 в нижнем положении стрелы 14 оператор производит его запрокидывание на полный ход ковшового гидроцилиндра 7 (рисунок 1).

При подъеме стрелы 14 указанные соотношения между четырехзвенниками сохраняются: первый 1, 2, 3, 4 четырехзвенник сохраняет геометрическое подобие третьему 9, 10, 6, 11 четырехзвеннику, а второй 5, 6, 7, 8 четырехзвенник является параллелограммом, что обеспечивает строго поступательное движение любого сменного рабочего органа 13 в течение всего цикла подъема.

Разгрузка ковша 13 происходит на упор при длине звена 7 (ковшового гидроцилиндра), равной длине звена 7 в положении черпания (рисунок 2).

Это условие легко достигается тем, что ковшовый гидроцилиндр входит во второй четырехзвенник и закреплен на цапфах 12 на длине, необходимой для автоматического возврата ковша 13 в положение черпания при опускании стрелы 14 (рисунок 2).

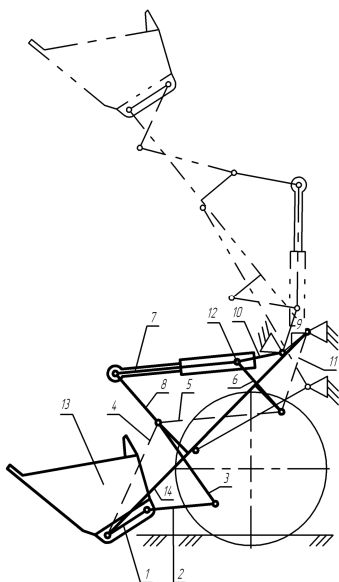


Рисунок 1 – Нижнее и верхнее положения погрузочного оборудования

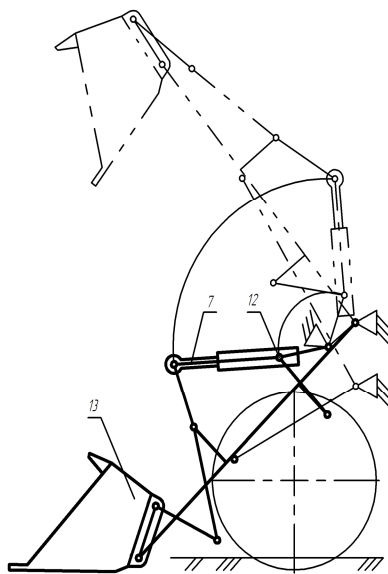


Рисунок 2 – Возврат ковша из положения разгрузки в положение черпания

Из подобия третьего 9, 10, 6, 11 и первого 1, 2, 3, 4 четырехзвенников следует, что передаточное отношение входного звена третьего четырехзвенника и выходного звена первого четырехзвенника, определяющееся как отношение угловых скоростей звена 9 и звена 1 в обратном движении, равно единице:

$$i_{9-1} = \omega_9 / \omega_1,$$

т.е. третий четырехзвенник 9, 10, 6, 11 имеет обратное передаточное отношение к первому 1, 2, 3, 4. Таким образом, общее передаточное отношение механизма при вращении стрелы равно единице.

Звено 7 (ковшовый гидроцилиндр) закреплено на цапфах 12, выполненных в виде осей, опирающихся на подшипники. Размещение цапф 12 на звене 7 обеспечивает возврат рабочего органа, например, ковша 13, из положения разгрузки при верхнем положении стрелы 14 в положение черпания при ее нижнем положении, причем длина ковшового гидроцилиндра в положениях разгрузки и черпания одинакова.

**Заключение.** Таким образом, данное предложение позволило создать единую универсальную систему механического слежения рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика, обеспечивающую строго поступательное движение рабочих органов (ковша, вил и др.), уменьшить энергозатраты и при этом максимально использовать функциональные возможности ковшового гидроцилиндра (наибольшее вырывное усилие и наполнение ковша, наименьшее время его разгрузки), автоматический возврат ковша в положение черпания. Тем самым уменьшается время цикла, повышается производительность выполняемых работ, улучшаются условия опорожнения ковша и повышается удобство работы оператора.

Список использованной литературы

1. Базанов, А.Ф. Самоходные погрузчики / А. Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
2. Система слежения и управления рабочим органом одноковшового фронтального погрузчика: пат. 16237 Респ. Беларусь, МПК 16237 С2 Е 02F 343 / А.Н. Смирнов; заявитель ОАО «Амкодор». – № а 20091596; заявл. 12.11.09; опубл. 30.08.12 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2012. – № 4. – С. 109.
3. Попов, А.И. Проектирование системы обучения будущих инженеров сельскохозяйственного производства инновационной деятельности / А.И. Попов, В.М. Синельников, Н.Г. Серебрякова // КазНАУ: исследования и результаты. – 2017. – №3.
4. Серебрякова, Н.Г. Современные концепции инженерного образования: анализ в рамках компетентностного подхода / Н.Г. Серебрякова // Вышэйшая школа. – 2017. – №6. – С. 23–28.
5. Интеграция содержания дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального циклов учебного плана технического вуза / Н.Г. Серебрякова, Л.С. Шабека, Е.В. Галушко // Профессиональное образование. – 2017. – №2 – С. 19–23.

**Abstract.** The article considers the mechanical system of tracking the working body of single bucket frontend loader, which combines dignity and cross the parallelogram lever mechanism.

УДК 631.171

**Якубовская Е.С.**, старший преподаватель;

**Турченик Е.А.**, студент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ИНКУБАЦИОННОМ ШКАФУ**

***Аннотация.** Повысить выводимость цыплят в инкубационном шкафу можно только при условии точного поддержания технологических параметров. Основным таким параметром является температура воздуха, заданное значение которой зависит от периода инкубации. Оптимизация процесса поддержания температуры требует проведения моделирования действия микропроцессорной системы автоматического управления.*

Успешность промышленного птицеводства определяется качеством цыплят. Инкубация яиц позволяет в любые сроки и в любом объеме получать молодняк птицы. Изобретение инкубаторов позволило поставить производство продукции птицеводства на промышленную поточную основу. Однако получить высокий процент выводимости цыплят в инкубационных шкафах можно только при условии точного соблюдения всех технологических требований.

Наиболее сильно влияет на результаты инкубации температура воздуха [1, с. 297]. При постоянном в течение инкубации периода воздействии вывод цыплят можно получить при температуре от 35,6 до 39,7°C. Результаты инкубации (% вывода и качество молодняка), крайне низкие на границах указанного интервала, быстро улучшаются при приближении температуры к среднему значению.

Показатели влажности при инкубации не менее важны, чем температурный режим. Отрицательное влияние относительной влажности воздуха на результаты инкубации прослеживаются в том случае, когда на всём протяжении эмбрионального развития действующее значение параметра ниже 40% (низкая влажность) или выше 70% (высокая влажность). При высокой относительной влажности

воздуха увеличивается, прежде всего, опасность плесневого поражения инкубационных яиц. Низкая влажность воздуха в начале инкубации вызывает большие потери воды яйцами и повышает смертность зародышей. Наклёв и вывод начинаются преждевременно.

Третий значимый технологический параметр – это содержание углекислого газа. При постоянном на всём протяжении инкубационного периода воздействии концентрации углекислого газа, превышающих 0,5%, угнетается рост и развитие эмбрионов. Выводимость снижается примерно на 15%, если с первого дня инкубации поддерживать концентрацию CO<sub>2</sub> на уровне 1% (контроль – 0,3%). При 5% CO<sub>2</sub> смертность эмбрионов достигает 100%.

Для поддержания требуемых параметров микроклимата в инкубаторе предусмотрены системы обогрева, охлаждения и увлажнения. Эффективной системы охлаждения добиваются за счет открытия заслонок верхних и боковых отверстий инкубатора. Нагрев обеспечивают с помощью электронагревателей. А выравнивание температурного поля обеспечивает постоянно работающий при закрытых дверях вентилятор. Увлажнение обеспечивается с помощью турбоувлажнителя. При этом холодная вода, разбрызгиваемая на лопасти вентилятора также обеспечивает охлаждение. Точности поддержания температуры можно добиться при использовании нескольких групп нагревателей. Однако требование высокой точности поддержания температурных режимов (в зависимости от периода инкубации) требует плавного изменения напряжения, подаваемого на нагреватели. Технически осуществить данное требование позволяет использование теристора в цепи питания нагревателей.

При организации автоматического поддержания температуры в программе контроллера должны быть установлены настроечные коэффициенты, которые обеспечивая закон регулирования позволяют добиться опимизации этого процесса и, следовательно, качества регулирования. Для создания модели процесса поддержания температуры необходимо проанализировать структуру контура автоматического регулирования и получить математическое описание каждого звена.

Контур автоматического поддержания темпеатуры воздуха в инкубационном шкафу (рисунок 1) составляют сам объект регулирования – инкубационный шкаф – представляет собой

апериодическое звено 1-го порядка с запаздыванием и в модели представлен двумя звеньями, датчик температуры – также апериодическое звено 1-го порядка, регулятор, представленный тремя звеньями – пропорциональным, интегральным и дифференциальным, исполнительного механизма – тиристора и регулирующего органа – нагревателя, на который подается плавно изменяемый сигнал напряжения.

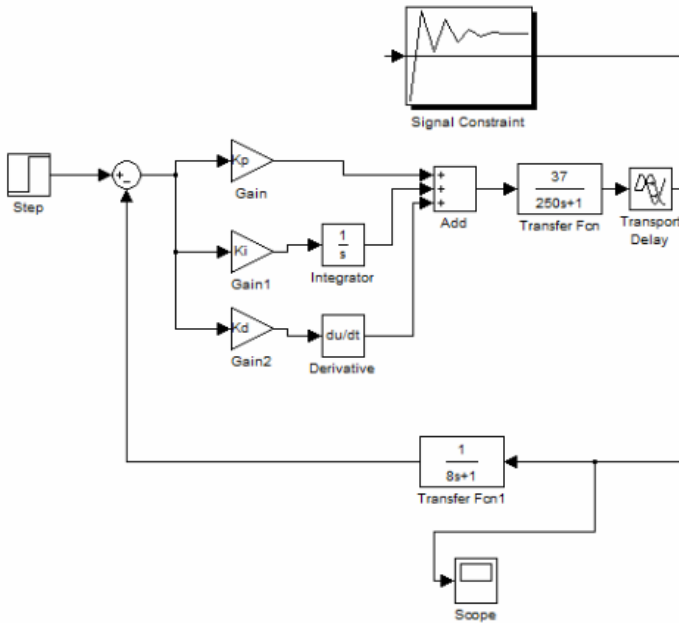


Рисунок 1 – Структурная алгоритмическая схема САР

Промоделировать процесс поддержания температуры в системе MATLAB позволяет блок Signal Constraint. В качестве критерия оптимальности выбираем апериодический переходной процесс с параметрами: перерегулирование – не более 20%, отсутствие статической ошибки и минимальное время регулирования.

Пропорциональный регулятор дает неприемлемое качество регулирования (неустойчивая система). Поэтому проведем подбор приемлемых значений коэффициентов регулятора. Варьируемые переменные –  $K_p$ ,  $K_i$ ,  $K_d$ . Метод оптимизации – градиент.

Заикливание матрицы оптимизации произошло в шаге 5 с параметрами  $K_p=0,24$ ,  $K_i=8,65 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_d=0,0072$ . Получается переходной процесс оптимальной системы при следующих показателях качества: перерегулирование около 13% (что меньше 20%), статическая ошибка отсутствует, время регулирования около 150 с.

Таким образом, добиться точности поддержания параметров в инкубационном шкафу позволит микропроцессорная система управления, которая по сигналам датчиков температуры, влажности и содержания углекислого газа будет взаимосвязно управлять нагревателями, системой охлаждения и увлажнения. Причем также следует управлять этими устройствами с учетом изменения связанных технологических параметров в соответствии с периодом инкубации. Найденные в процессе моделирования параметры настройки регулятора ( $K_p=0,24$ ,  $K_i=8,65 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_d=0,0072$ ) должны быть установлены в программе контроллера и обеспечат приемлимое качество регулирования, выражаемое параметрами: перерегулирование около 13% (что меньше 20%), статическая ошибка отсутствует, время регулирования около 150 с.

#### Список использованной литературы

1. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов: учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. – Минск: Новое знание ; М.: ИНФРА-М, 2015. – 376 с.

**Abstract.** To raise deductibility of chickens in an incubatory case it is possible only under condition of exact maintenance of technological parametres. The basic such parametre is air temperature which preset value depends on the period of process. Optimisation of process of maintenance of temperature demands carrying out of modelling of action of microprocessor system of automatic control. Found in process of modelling parametres of adjustment of a regulator ( $K_p=0,24$ ,  $K_i=8,65 \cdot 10^{-4}$ ,  $K_d=0,0072$ ) should be established in the program of the controller and will provide the quality of regulation expressed in parametres: reregulation about 13% (that there are less than 20%), a static error is absent, regulation time nearby 150 with.

УДК 631.331

**Колесник И.В.**, научный сотрудник

*ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»  
НААН Украины, пгт Глеваха, Украина*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ ПРОТРАВЛИВА- ТЕЛЯ СЕМЯН СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР**

***Аннотация.** Обоснованы методические основы построения модели адаптивной системы управления процессом согласованного дозирования рабочей жидкости и семян при подаче их в камеру протравливателя.*

**Проблема.** Предпосевное протравливание семян – один из важнейших этапов в технологии производства сельскохозяйственной продукции. Качество обработки семян в непрерывном режиме работы протравливателя в значительной мере зависит от соблюдения основных нормативных параметров процесса (таблица 1) [1, 3, 7].

На современном рынке сельскохозяйственной техники применяются протравливатели периодического (порционного) и непрерывного действия зарубежного и отечественного производства [2]. Протравливатели периодического действия, производства таких фирм как: Petkus; Cimbria Heid и других – имеют значительные массы (500 – 950 кг), удельную металлоемкость (0,5 – 0,11 т/т) и удельную потребляемую мощность (0,9 – 1,37 кВт.час/т), что обуславливает повышение себестоимости обработки семян [2, 4].

Таблица 1 – Основные нормативные показатели технологического процесса протравливания семян сельскохозяйственных культур

Полнота протравливания, %	100 ± 10
Неравномерность подачи семян и рабочей жидкости в камеру протравливателя (коэффициент вариации протравливания), %	5,0

Протравливатели непрерывного действия производства СССР, Венгрии, Украины и др. стран, такие как Mobitox Super, ПСШ-5, ПС-10АМ, ПК-20, отличаются меньшей металлоемкостью и потре-

бляемой мощностью по сравнению с протравливателями периодического действия [2, 8, 9], но им присущ весомый недостаток, а именно несовершенство системы управления технологическим процессом.

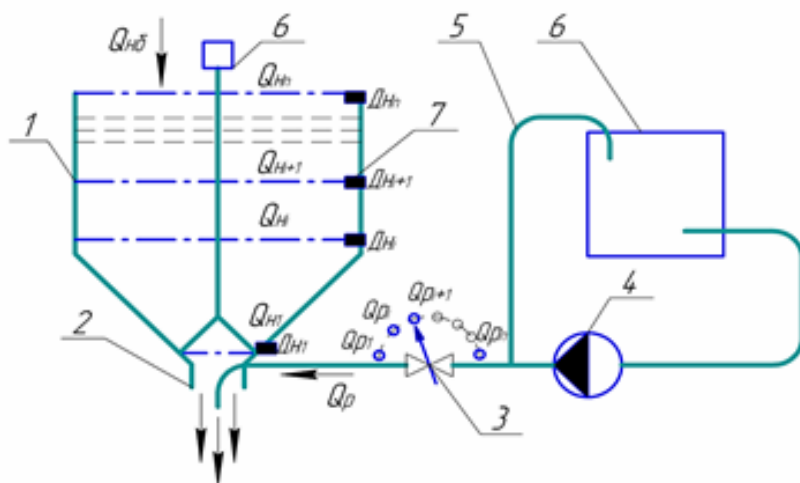
Работа системы управления таких протравливателей стабильна, как правило, в режиме неизменяющейся во времени подачи семян в приемный бункер. В противоположной ситуации, когда подача семян в приемный бункер протравливателя в силу ряда причин (режим работы загрузчика и потоковой линии, форма бурта семян и т. д.) имеет колебательный характер, происходит рассогласование подачи семян и рабочей жидкости в камеру протравливания. Это приводит к значительному ухудшению показателей качества обработки. Так, при поступлении на вход сепаратора значительного количества засоренных семян уменьшается масса основной фракции на его выходе. В протравливателе, установленном в линии сразу после сепаратора, возникнет снижение подачи семян в камеру обработки при постоянной подаче рабочей жидкости. Это, в частности, приводит к переувлажнению, увеличению неравномерности обработки, снижению энергии прорастания семян и потери урожая [10]. В противном случае, когда на вход сепаратора поступает значительное количество семян с уменьшенной сорностью, возникает ситуация увеличения его подачи в камеру протравливателя, которая, напротив, приводит к недостаточной обработке и бесполезной потере препарата. Явление периодического изменения подачи семян потоковой линии носит колебательный характер и является случайным. Подобная ситуация возникает при работе протравливателя в режиме подбора семян с бурта. Исходя из возникшей проблемы делаем выводы о невозможности использования протравливателя в потоковой линии, а также в режиме с подбором посевного материала с бурта.

Приобретает актуальность вопрос разработки адаптивной системы управления протравливателем семян с соблюдением основных качественных параметров процесса в непрерывном режиме его работы как при подборе семян из бурта, так и при работе в линии.

**Цель работы.** Разработать методические основы для создания алгоритма функционирования системы управления согласованной

подачей семян и рабочей жидкости в камеру обработки в непрерывном режиме работы протравливателя.

**Результаты исследований.** Для решения поставленной задачи предложена функциональная схема (рисунок 1) системы согласованного дозирования семян и рабочей жидкости при подаче их в камеру протравливания [5, 6].



1, 2 – приемный бункер протравливателя и входная его горловина, соответственно; 3, 4, 6 – шаровой клапан, насос и трубопровод подачи рабочей жидкости в камеру обработки, соответственно; 5 – емкость для приготовления рабочей жидкости; 7 – датчики подачи семян в приемный бункер протравливателя

Рисунок 1 – Функциональная схема построения системы согласованной подачи семян и рабочей жидкости в камеру протравливателя:

Основным условием выполнения технологического процесса протравливателя семян является наименьшая разница между заданными и фактическими его показателями:

$$A \rightarrow 0, \quad (1)$$

при

$$A = D_з - D_ф \quad (2)$$

где  $D_з$ ,  $D_ф$  – заданные и фактические показатели выполнения технологического процесса, соответственно.

Заданный (нормативный) показатель выполнения технологического процесса определяется как отношение заданной подачи рабочей жидкости в камеру протравливателя к заданной подаче семян. Соответственно фактическим показателем является отношение измеренных подачи рабочей жидкости и семян в камеру обработки во время работы протравливателя в непрерывном режиме.

Перепишем уравнение (2) с подстановкой всех коэффициентов, л/т:

$$A = \left( \frac{Q_p}{Q_n} \right) - \left( \frac{M_p}{M_n} \right) \quad (3)$$

где  $Q_p$ ,  $Q_n$  – заданная подача рабочей жидкости (л/ч) и заданная подача семян (т/ч) в камеру протравливателя, соответственно;  $M_p$ ,  $M_n$  – фактическая подача рабочей жидкости (л/ч) и семян (т/ч) в камеру протравливателя, соответственно.

Разработан способ определения величины  $Q_{нб}$ , (т) подачи семян на вход приемного бункера с помощью датчиков установленных вдоль вертикальной его оси. С целью создания возможности дозированной подачи  $Q_n$ , (т) семян и рабочей жидкости  $Q_p$ , (л) в камеру протравливателя применены активные дозаторы.

Согласно разработанному способу, функцию описывающую входную подачу семян в приёмный бункер протравливателя дискретизируют по уровню квантования, равному  $Q_{ni}$ , (т) и путем ступенчатого изменения положения дозатора с адаптацией к входной подаче (в приемный бункер) таким образом, чтобы исходная (в камеру протравителя) описывала вид входной, но с введением дополнительного временного интервала  $T_d$ , (с), обозначающем опоздание изменения геометрического положения дозатора семян относительно тождественной изменения положения дозатора рабочей жидкости при их переходе от предыдущего уровня квантования на следующий. Таким образом, происходит согласование подачи семян и рабочей жидкости в камеру протравителя путем согласования работы их дозаторов с адаптацией к входной подаче семян в приемный бункер протравливателя.

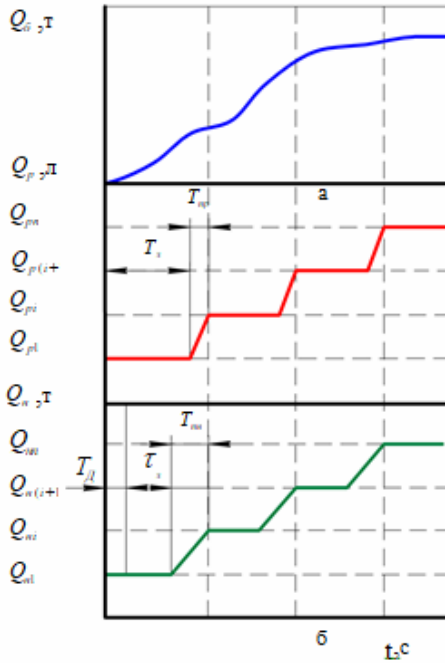


Рисунок 2 – а) кинетика подачи семян в приемный бункер програвливателя;  
 б) кинетика подачи семян и рабочей жидкости в камеру програвливателя

$$A' = \left[ \frac{\left( Q_{p1} + \frac{(Q_{pn} - Q_{p1}) \cdot i}{n-1} \right) \cdot (T_3 + T_{np})}{\left( Q_{n1} + \frac{(Q_{nn} - Q_{n1}) \cdot i}{n-1} \right) \cdot (\tau_3 + T_{nn})} \right] - \quad (4)$$

$$\left[ \frac{\left( Q_{p1} + \frac{(Q_{pn} - Q_{p1}) \cdot i}{n-1} \right) \cdot (T_3 + T_{np}) - \frac{\left( Q_{p1} + \frac{(Q_{pn} - Q_{p1}) \cdot (i-1)}{n-1} \right) \cdot T_{np}}{2}}{\left( Q_{n1} + \frac{(Q_{nn} - Q_{n1}) \cdot i}{n-1} \right) \cdot (\tau_3 + T_{nn} + T_d) - \frac{\left( Q_{n1} + \frac{(Q_{nn} - Q_{n1}) \cdot (i-1)}{n-1} \right) \cdot T_{nn}}{2}} \right]^2 \cdot dT_d$$

где  $Q_{n1}$ ,  $Q_{ni}$ ,  $Q_{n(i+1)}$ ,  $Q_{nn}$  – соответственно 1-й,  $i$ -й,  $i+1$ -й, а также  $n$ -ый уровень квантования функции подачи семян в камеру протравливателя, т/ч;  $Q_{p1}$ ,  $Q_{pi}$ ,  $Q_{p(i+1)}$ ,  $Q_{pn}$  – соответственно 1-й,  $i$ -й,  $i+1$ -й, а также  $n$ -ый уровень квантования подачи рабочей жидкости в камеру протравливателя л/ч;  $T_3$ ,  $\tau_3$  – собственное время запаздывания рабочей жидкости и семян при их движении, соответственно, с;  $T_{np}$ ,  $T_{nn}$  – собственное время запаздывания дозаторов рабочей жидкости и семян в процессе изменения их положения, соответственно, с.

Анализ уравнения (4) указывает на взаимосвязь показателей исполнения и конструктивных параметров элементов системы управления технологическим процессом протравливания семян.

Обработав уравнение (4) получим формулу определения величины коэффициента  $T_D$ , с:

$$T_D = \left[ T_{nn} \cdot \left[ (Q_{p1} \cdot Q_{nn} - Q_{n1} \cdot Q_{pn}) \cdot (n-1) \right] + T_3 \cdot \left[ Q_{pn} \cdot Q_{n1} \cdot \left[ n \cdot (i-1) - i^2 + 1 \right] - \right. \right. \\ \left. \left. - Q_{nn} \cdot \left[ Q_{pn} \cdot (i - i^2) + Q_{p1} \cdot (i^2 - i \cdot n) \right] + Q_{p1} \cdot Q_{n1} \cdot (i^2 - 2in + i + n^2 - n) \right] \right] \cdot T_{np} \quad (5)$$

**Выводы.** Сформулированы задачи и принципы функционирования системы управления протравливателями семян. Сформулированы основные технические требования к выполнению технологического процесса протравливателя семян.

По результатам моделирования системы управления технологическим процессом протравливателя получены аналитические зависимости определения величины коэффициента упреждения изменения производительности дозатора семян.

Благодаря применению разработанной модели системы согласованной подачи семян и рабочей жидкости в камеру протравливателя повышается эффективность выполнения технологического процесса, снижаются трудо- и энергозатраты, снижается себестоимость продукции.

Список використаної літератури

1. Бабаянц О. В., Захист насіння: перший крок до високого врожаю (прогноз фітосанітарного стану насіння та заходи захисту) / О. В. Бабаянц // Журнал «Агроном». – 2010. №3. С. 38 – 40.
2. Колесник І. В., Обґрунтування системи керування узгодженим дозуванням насіння та розчину отрутохімікату в протруювачах. Науковий журнал «Механізація та електрифікація сільського господарства». – Глеваха, 2012 №96, С. 220-226.
3. Лепехин Н. С., Лысов А. К., Велицкий. и др. Механизация защиты растений. – М.: Агропромиздат, 1992. – С. 118-146.
4. Протравливатели СТ: Руководство по эксплуатации / PETKUS Technologie GmbH [рукопись]. – 2008. – 73 с.
5. Пат. 96691 Україна, МПК А01 С 1/00, Спосіб регулювання подачі насіння сільськогосподарських культур і суспензії отрутохімікату в камеру протруювання протруювача насіння / Герасимчук Ю. В., Колесник І. В., ННЦ «ІМЕСГ» - №а201010028, заявл. 13.08.2010; опубл. 25.11.2011, Бюл. №22.
6. Пат. 111487 України, МПК А01С 1/06, А01С 1/08. Дозатор протруювача насіння / Герасимчук Ю. В., Ратушиний В. В., Колесник І. В.; опубл. 10.05.2016, Бюл. №9.
7. Протруювач шнековий ПНШ-5 «Господар»: Керівництво з експлуатації ПНШ-5КЕ / ВАТ «Львівагромашпроект» [рукопис]. – 2006 (15.12). – 31 с.
8. Протруювання насіння. Загальні технічні вимоги: СОУ 01.1-37-429: 2006. – [Чинний від 2007-26-04]. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 12 с. – (Стандарт організацій України).
9. Ратушний В., Тимошенко С., Вечера О. Протруювання насіння: технології та машини. Журнал «FARMER». – К.: 2008.
10. Рекомендації з проведення посіву озимих культур в Лісостепу і Поліссі у 2007 році / [Ситник В. П., Гаврилук М. М., Сніговий В. С., Кононюк В. А., та ін.] К.: Екмо, 2007. – 32 с.

**Abstract.** In the scientific article the modern market of equipment for prenatal cultivation of seeds of agricultural cultures was analyzed, the goals and tasks related to the technological process are formulated. According to the results of the analysis of recent studies, the requirements for the construction of a functional scheme of the system of coordinated supply of seeds and working fluid to the chamber of the

purifier were formulated. An analytical dependence has been developed to determine the latency coefficient of the change in the geometric position of the seed dosing unit relative to the geometric position of the working fluid dispenser, which ensures that they are reconciled with each other and depending on the input of the seed to the receiving hopper of the purifier. The importance of creating a system of coordinated supply of seeds and working fluid to the chamber of a trench for the further development of the park of agricultural machines is substantiated.

УДК 631.362.36:533.9

**Городецкая Е.А.**, кандидат технических наук, доцент;

**Корко В.С.**, кандидат технических наук, доцент;

**Дубодел И.Б.**, кандидат технических наук, доцент;

**Непарко Т.А.**, кандидат технических наук, доцент;

**Городецкий Ю. К.**, магистрант; **Сыч А.Д.**, ассистент;

**Качалко А.С.**, ассистент; **Савина И.В.**, специалист

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ВНЕДРЕНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕПАРИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ НА ПРЕДПРИЯТИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННО- ГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

***Аннотация.** Приведена информация о диэлектрических электросепараторах на стадии выделения семян категории «экстра» и других гомогенных продуктов, очистки пищевых круп, проблемы внедрения этих устройств в АПК РБ.*

**Введение.** На качество сельскохозяйственной продукции оказывают влияние многие факторы: качество семян, сроки посадки, уход за посевами, сбор урожая, его сохранение и доставка потребителю. Важны все эти стадии и многие другие, но качество семян определяет не только нагрузку на высевальные аппараты, но и насколько растение будет сильным, а его плод – здоровым и лежким. Современные технологии промышленного возделывания предполагают выра-

щивание без затрат ручного труда за счет посева на конечную густоту растений подготовленными семенами. Отечественными учеными разработаны электротехнологии предпосевной обработки семян, что обеспечивает производителей высококачественным посевным материалом при снижении нагрузки на высевальные аппараты. Поэтому применение дополнительных методов обработки семян с целью их стимулирования является одним из резервов повышения их посевных качеств и урожайных свойств [1].

**Общая часть.** Электросепарация семян известна как традиционный способ получения гомогенных фракций элитного посевного материала для последующего интенсивного возделывания с.-х. культур по промышленным технологиям. При оценке фракций семян, получаемых при разделении на диэлектрическом сепараторе лабораторном (СДЛ-1) кафедры электротехнологии мы руководствовались стандартными показателями: всхожесть и энергия прорастания семян [2–4]. СДЛ-1 обладает эффективной конструкцией, практической и научной новизной, реализует конкурентно-способную технологию, разделяя семенной ворох на фракции заданного качества с учетом электрических свойств частиц и семян. На таких сепараторах можно разделять сосновую щепу по смолистости; сепарировать листовой чай на фракцию «экстра» и мелкую; очищать крупы (гречневую, овсяную и др.) для пищевой промышленности; из продуктов помола зерна выделять фракцию зародыша или клетчатки, что дает возможность получать отечественные функциональные продукты питания для специальных групп населения, полностью очищать от шелухи дробленый арахис и другие ингредиенты для кондитерии. Метод диэлектрического разделения с реализацией принципа суперпозиции сил различной физической природы и использования пондеромоторной силы показал высокую эффективность на получении чистой соевой шелухи (напряжение 1,0 – 2,0 кВ) и был использован в технологии производства пероксидазы.

**Методика проведения исследований.** Навески стандартной (для хранения) влажности 12 – 14% загружали в бункер сепаратора и равномерно подавали на вращающийся рабочий орган с бифилярной обмоткой и установленным для данной культуры напряжением. Приемники получаемых фракций (продуктов разделения)

наполняются составляющими исходной смеси. Затем они взвешиваются, оцениваются и анализируются их агрономические показатели. Проращивание семян проводили на увлажненной фильтровальной бумаге в чашках Петри в термостате при температуре +21°C. Полученные фракции выровненных семян были протестированы [3-4] на всхожесть и энергию прорастания.

Для многих хозяйственно-ценных, лекарственных, декоративных и пряно-ароматических культур установлены лучшие режимы напряжения на рабочем органе для четкого распределения семян по фракциям [5]. Проведены работы по устранению просыпания мелких семян в межэлектродный зазор (исследованы с целью повышения эффективности сепарации и предотвращения потери ценных семян).

**Результаты и обсуждение.** Нами установлено, что лучшие фракции пшеницы и ржи получены при рабочих напряжениях СДЛ-1, варьируемых в диапазоне 2,5 – 3,5 кВ, в то время как для люпина оптимальным оказалось напряжение порядка 3,0 кВ. Здесь наблюдали четкое разделение на составляющие исходной смеси и получение чистых семян высокой посевной кондиции.

Анализ результатов показывает, что и некондиционные семена после электрофизической обработки, могут быть использованы для подсева в случае нехватки семян-экстры. Результаты исследований показывают явное «улучшение» качества семян, которые уже были малопригодны для посева.

Как уже отмечалось, необходимо внедрение таких сепараторов для очистки гречневой, ячневой и овсяной крупы перед пакетированием, для отделения летучей шелухи дробленого арахиса после обжарки перед вмешиванием его в кондитерские изделия. Только с применением таких сепараторов можно отделять клетчатку от зародыша после помола муки, получая функциональные продукты для спортсменов, стариков, больных, страдающих гастроэнтерологическими болезнями. Такие продукты могли бы стать экспортной позицией Республики Беларусь.

**Выводы.** Механизмы действия электромагнитных полей, проявляющих свое действие при нахождении семян на рабочем органе СДЛ-1 на растительные объекты являются малоизученными. В проведенных нами экспериментах заметный нагрев обрабатывае-

мых семян отсутствовал. В этом случае принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия.

Таким образом, электросепарирование дает возможность получать чистые фракции мелкосемянных культур (лекарственные, пряно-ароматические и красивоцветущие растения), является необходимой и высокоэффективной операцией по подготовке семенной фракции в технологии промышленного производства интенсивного земледелия; обеспечивает получение семян высоких посевных качеств и урожайных свойств. По многим литературным данным прослеживается утверждение о более высоких потребительских качествах и больших сроках хранения продукции из обработанных семян. Следует подчеркнуть экологичность данных воздействий и возможность снижения пестицидного прессинга в агрокультуре.

Существующая проблема широкого внедрения таких устройств на заводах и фабриках пищевой промышленности дало бы реальную прибыль за счет отказа от закупок функционального питания и производства экспортно ориентированного товара повышенного уровня потребительских свойств.

#### Список использованных источников

1. Алексейчук, Г.Н. Алексейчук, Н.А. Ламан // Физиологическое качество семян сельскохозяйственных культур и методы его оценки/ Минск, ИООО «Право и экономика». 2005. – 47 с.
2. Hampton J.G. What is Seed Quality? //Seed Science and Technology. -2002.- V.30. – P.1-10.
3. Международные правила анализа семян / Пер. с англ. Н.Н.Антошкиной; - М.: Колос, 1984. – 310 с.
4. Кабашникова Л.Ф. // Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян. Методические указания. Минск. 2003. -17 с.
5. Корко, В.С. Электрофизические методы стимуляции растительных объектов: монография / В.С. Корко, Е.А. Городецкая – Минск: БГАТУ, 2013. – 232с.

Abstract. The information of the dielectric separators at the stage of allocation of seeds of the category "extra" and other homogeneous products, cleaning of food cereals, the problem of the introduction of these devices in the agricultural sector of the Republic of Belarus are presented in this article.

УДК 629.114.2.004

**Арютов Б.А.**, доктор технических наук, профессор;  
**Малыгина Н.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Пасин А.В.**, доктор технических наук, профессор;  
**Алтынова Ю. А.**

*Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования «Нижегородская  
государственная сельскохозяйственная академия»,  
г. Нижний Новгород, Российская федерация*

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПУТЕМ ОПТИМИЗАЦИИ ЗУБЧАТЫХ ПАР**

***Аннотация.** Решению задачи повышения эффективности механизированных производственных процессов способствует снижение потерь мощности в передаточных механизмах различных машин. Вместе с тем, существуют возможности уменьшения энергетических потерь на трение в эвольвентной зубчатой паре. Новизну составляет метод оптимизации зубчатых пар. Практическая значимость заключается в разработке и обосновании параметров зубчатых пар, позволяющих повысить эффективность функционирования машин в различных производственных процессах.*

Повышение эффективности механизированных производственных процессов – важнейшая народнохозяйственная задача. Решению этой задачи способствует снижение потерь мощности в передаточных механизмах различных машин.

Цель работы – повышение эффективности функционирования машин путем совершенствования зубчатых пар привода рабочих органов.

В теоретических исследованиях использовались элементы теории систем, методы динамического анализа механизмов и машин. В экспериментальных исследованиях нашли применение методы динамического синтеза механизмов и машин, теория планирования эксперимента. Обработка экспериментальных данных осуществлялась методами математической статистики. Использовались серийные приборы и специально изготовленный стенд для определения коэффициента полезного действия (КПД) зубчатых передач.

Оценка общего состояния задачи совершенствования привода рабочих органов показывает, что привод рабочих органов машин несовершенен. Вместе с тем, существуют возможности улучшения привода путем оптимизации зубчатых пар. Это может быть достигнуто выбором рациональных коэффициентов смещений производящего контура и угла профиля зуба по критерию максимум КПД зубчатой пары.

Исходя из результатов анализа и в соответствии с поставленной целью, сформулированы следующие задачи исследований:

1. Определить в системной взаимосвязи влияние конструкционных параметров на эффективность функционирования зубчатых пар привода рабочих органов машин и научно обосновать их оптимизацию;

2. Провести теоретические исследования процесса взаимодействия зубьев в передаточных механизмах машин и обосновать конструкционные параметры зубчатых пар;

3. Провести экспериментальную проверку теоретических положений. Выявить зависимости показателей эффективности использования машин от конструкционных параметров зубчатых пар привода рабочих органов;

4. Провести опытно-производственную проверку улучшенных зубчатых пар привода рабочих органов культиватора *Zirkon* и определить экономическую эффективность их применения.

Анализ литературных источников показал, что в общем балансе мощности машинно-тракторного агрегата (МТА) наименее исследованы потери мощности на привод активных рабочих органов сельскохозяйственных машин.

Представление МТА в виде беспойсковой управляемой адаптивной технической системы с голономными связями позволило, используя метод динамического моделирования, составить уравнение его движения:

$$m_n a_p + \frac{v_p^2}{2} \frac{dm_n}{ds} = \frac{1}{v_p} \left( \sum_{k=1}^m N_k + \sum_{i=1}^{n-1} N_{ij} \Psi_{ij} \right), \quad (1)$$

где  $m_n$  – приведенная масса, кг;  $v_p$  – скорость точки приведения, м/с;  $a_p$  – ускорение точки приведения, м/с<sup>2</sup>;  $s$  – обобщенная координата, м;  $N_k$  – мощность силы  $k$  (или пары сил), действующей на звено агрегата, без учета сил взаимодействия звеньев передаточно-го механизма рабочих органов, Вт;  $N_{ij}$  – мощность сил взаимодей-

ствия звена  $i$  со звеном  $j$  передаточного механизма рабочего органа, Вт;  $\psi_{ij}$  – коэффициент потерь мощности в зубчатой кинематической паре, образованной звеньями  $i$  и  $j$ ;  $j = i + 1$ .

В уравнении (1)  $\sum_{k=1}^m N_k$  учитывает полезную мощность, затрачиваемую на преодоление тягового сопротивления и сопротивлению вращению рабочих органов, а также потери мощности в трансмиссии трактора, на буксование, подъем, перекачивание и привод ВОМ. Слагаемое  $\sum_{i=1}^{n-1} N_{ij} \psi_{ij}$  учитывает только потери мощности на привод рабочих органов.

Из уравнения движения МТА следует, что уменьшение потерь мощности в культиваторе на привод рабочих органов  $\sum_{i=1}^{n-1} N_{ij} \psi_{ij}$  приводит к увеличению  $\sum_{k=1}^m N_k$  – полезной мощности МТА.

В свою очередь  $\psi_{ij} = 1 - \eta_{ij}$ , где  $\eta_{ij}$  – коэффициент полезного действия зубчатой кинематической пары, образованной звеньями  $i$  и  $j$ . Поэтому в качестве обобщающего критерия оптимизации зубчатой пары принят максимум КПД передачи.

Проведенные на основании уравнения (1) теоретические исследования процесса взаимодействия зубьев показали, что КПД зубчатой пары есть функция геометрических параметров, определяющих кривизну профилей зубьев, - коэффициенты смещений ведущего и ведомого колес, угол профиля зуба:

$$\eta_{ij} = r_{bi} \left( r_{bi} + f(a_w \sin \alpha_w - \frac{(1 + |u_{ji}|) r_{ai} \sin(\alpha_{aj} - a_w)}{\lambda_i \cos \alpha_w} - \frac{(1 + |u_{ij}|) r_{ai} \sin(\alpha_{ai} - a_w)}{\lambda_j \cos \alpha_w} \right)^{-1} \rightarrow \max \quad (2)$$

где  $r_{bi}$  – радиус основной окружности ведущего колеса, мм;  $f$  – коэффициент трения скольжения;  $a_w$  – межосевое расстояние зацепле-

ния, мм;  $\alpha_w$  – угол зацепления;  $u_{ji}$  – передаточное отношение от ведомого колеса к ведущему;  $\alpha_{aj}$  – угол профиля зуба при вершине ведомого колеса;  $u_{ij}$  – передаточное отношение от ведущего колеса к ведомому;  $r_{ai}$  – радиус окружности вершин ведущего колеса, мм;  $\alpha_{ai}$  – угол профиля зуба при вершине ведущего колеса.

Таким образом, при наложении ограничений: отсутствие заострения, подрезания и интерференции зубьев колес и выполнения условия непрерывности зацепления возможна оптимизация зубчатых пар по критерию (2).

Разработанный алгоритм решения модели оптимизации зубчатых пар представляет собой последовательную процедуру, имеющую рекуррентный характер. Процесс поиска состоит из повторяющихся этапов, каждый из которых представляет собой переход от одного решения к другому, лучшему, что и образует процедуру последовательного улучшения решения (рисунок 1).

Перебираются все возможные комбинации углов профиля и смещений колес передачи. Число  $l$  таких комбинаций (моделей) определяется числом значений углов профиля  $\alpha_l$  и коэффициентов смещений ведущего и ведомого колес соответственно  $x_{il}$ ,  $x_{(i+1)l}$  (где  $l = \overline{1, N}$ ).

Для проведения лабораторных исследований разработан способ определения КПД зубчатых пар. Установлено, что

$$\eta_{ij} = \frac{M_i^0}{M_i}, \quad (3)$$

где  $M_i^0$  – момент движущих сил входного звена зубчатой кинематической пары, определяемый без учета сил трения, Н·м;  $M_i$  – момент движущих сил входного звена зубчатой кинематической пары, определяемый с учетом сил трения, Н·м.

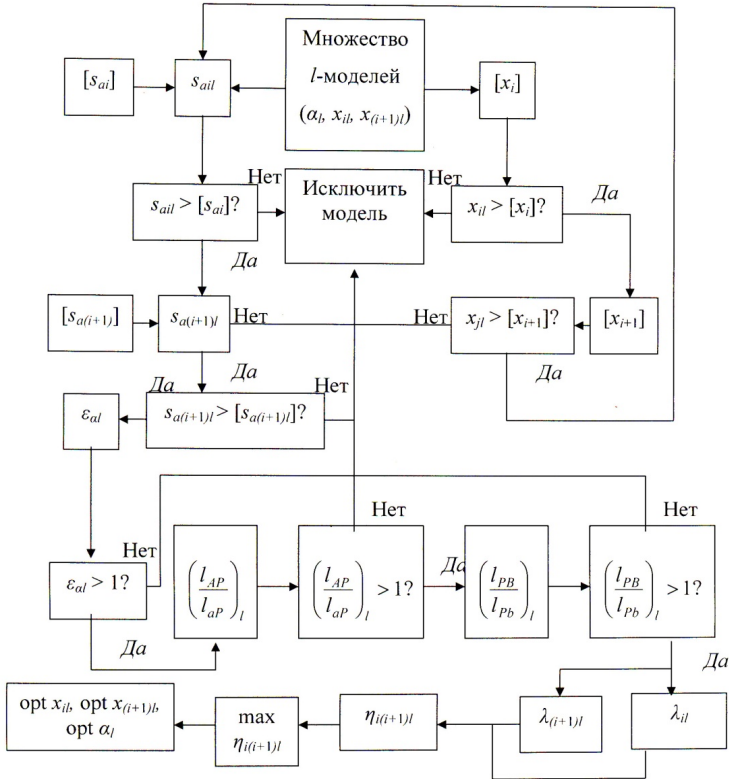


Рисунок 1 – Структурная схема оптимизации зубчатых пар

В то же время для замкнутой системы согласно закону сохранения момента импульса:

$$M_i^0 t^0 = M_i t. \quad (4)$$

Тогда, согласно уравнениям (3), (4):

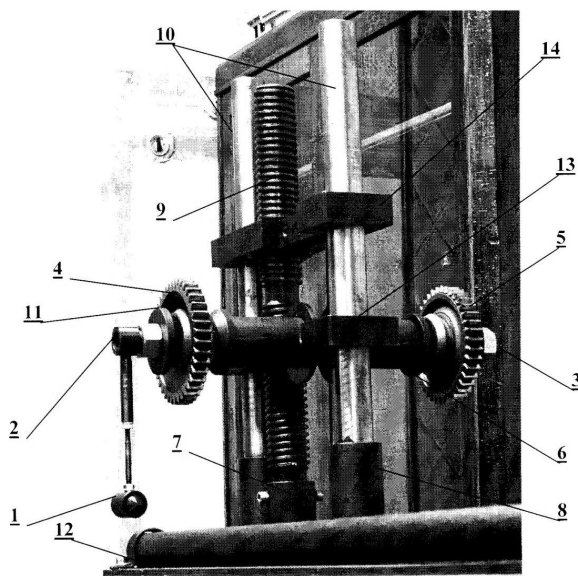
$$\eta_{ij} = \frac{t}{t^0}, \quad (5)$$

где  $t$  – время работы момента  $M_i$ , с;  $t^0$  – время работы момента  $M_i^0$ , с.

Уравнение (5) положено в основу предлагаемого способа определения КПД зубчатых передач.

Практическая реализация способа потребовала создания установки (рисунки 2, 3), которая работает следующим образом.

Перед началом испытаний исследуется идеальная передача. Для этого собирают установку по схеме, показанной на рисунке 2.



- 1 – маятник; 2 – входной вал; 3 – выходной вал; 4, 5 – зубчатое колесо; 6 – стакан; 7 – опора винта; 8 – опора колонны; 9 – винт; 10 – колонны; 11 – конус; 12 – плита; 13 – нижний фиксатор; 14 – верхний фиксатор

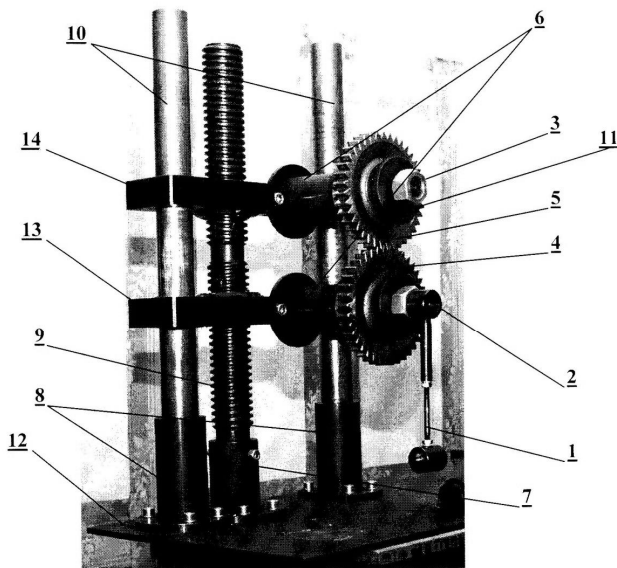
Рисунок 2 – Установка при испытании модели идеальной передачи

Маятник 1 перед его установкой на входной вал 2 взвешивают и изменяют его массу таким образом, чтобы приведенная масса реальной передачи равнялась приведенной массе идеальной передачи. При проведении испытания модели идеальной передачи маятник 1 отклоняют на заданный угол  $\varphi$  и отпускают. Фиксируют время затухания колебаний маятника и заносят в лист наблюдений.

Для проведения испытаний реальной зубчатой передачи установку собирают согласно схеме, приведенной на рисунке 3.

Маятник 1 отклоняют на заданный угол  $\varphi$  (тот же что и при испытании модели идеальной передачи) и отпускают. Фиксируют время затухания колебаний маятника и заносят в лист наблюдений.

После проведения испытаний проводят статистическую обработку данных эксперимента и определяют величину КПД испытуемой зубчатой пары по формуле (5).



1 – маятник; 2 – входной вал; 3 – выходной вал; 4, 5 – зубчатое колесо; 6 – стакан; 7 – опора винта; 8 – опора колонны; 9 – винт; 10 – колонны; 11 – конус; 12 – плита; 13 – нижний фиксатор; 14 – верхний фиксатор

Рисунок 3 – Установка при испытании реальной передачи

Местом проведения полевых испытаний выбраны хозяйства Нижегородской области: ТНВ «Шамов и К<sup>0</sup>» Починковского района и СПК «Красный маяк» Городецкого района. Испытания проводились на основе положений методик согласно: ГОСТ 24055-88, ГОСТ 24057-88, ОСТ 70.4.2-80, РД 10.22-89.

Решение модели по разработанной нами программе показало, что с увеличением угла профиля зуба от 12 до 32° КПД пары возрастает (рисунок 3). Это объясняется уменьшением касательной составляющей окружной скорости ведущего колеса на линии зацепления, что приводит к снижению удельных скольжений профилей зубьев.

Оптимальному значению угла профиля зуба ( $\alpha = 32^\circ$ ) соответствуют значения коэффициентов смещений:  $-0,35$ ;  $+0,35$  (рисунок 4).

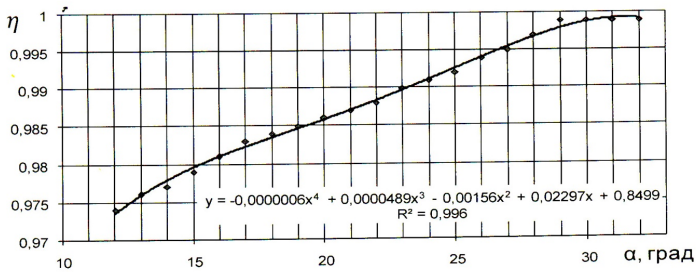


Рисунок 4 – КПД зубчатых пар при различных углах профиля

Таким образом, результаты математического моделирования показали, что при использовании улучшенных зубчатых колес в сравнении со стандартными, установленными на культиваторе *Zirkon 7/300*, КПД зубчатой пары увеличивается на 0,96%.

При сравнительной оценке эффективности работы культиваторов *Zirkon* с улучшенными и стандартными зубчатыми колесами использовались нормативные показатели хозяйства, в котором проводились полевые испытания – СПК «Красный маяк». Рассматривались все модели *Zirkon* с шириной захвата от 2,5 до 6,0 м.

Оптимизация показывает, что использование агрегатов со стандартными зубчатыми парами в приводе рабочих органов культиваторов в условиях хозяйства СПК «Красный маяк» не рационально (рисунок 5).

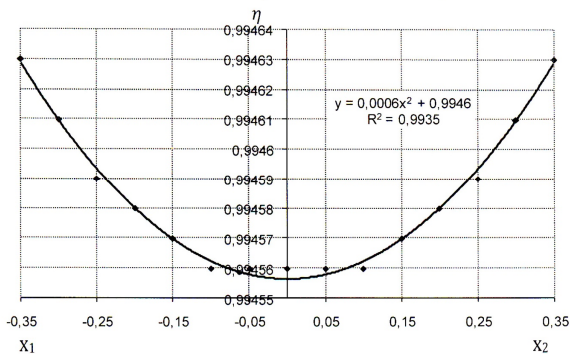


Рисунок 5 – КПД допустимых равносмещенных зубчатых пар при оптимальном угле профиля

Расчет энергозатрат проводился по формуле:

$$\begin{aligned} \Theta_3 = \frac{3600Q}{W_{\text{ч}}} & \left( \sum_{k=1}^m N_k + \sum_{i=1}^{n-1} N_{ij} [(1 - \lambda_i \lambda_j r_{bi}) (\lambda_i \lambda_j \cos \alpha_w (r_{bi} + f a_w \sin \alpha_w)) - \right. \\ & \left. - f (\lambda_j (1 + |u_{ji}|) r_{aj} \sin (\alpha_{aj} - \alpha_w) + \lambda_i (1 + |u_{ij}|) r_{ai} \sin (\alpha_{ai} - \alpha_w))^{-1} \cos \alpha_w] \right), \end{aligned} \quad (6)$$

где  $Q$  – объем работ, га;  $W_{\text{ч}}$  – нормативная часовая производительность агрегата, га/ч.

При использовании культиватора *Zirkon 7/300* экономия энергетических затрат по одному агрегату составляет 2228,7 МДж при выигрыше в мощности 12,4 кВт, что приводит к экономии топлива. В условиях хозяйства СПК «Красный маяк» расход топлива сокращается на 1,3 т за сезон.

Проведенный лабораторный эксперимент показал, что КПД улучшенной зубчатой пары превышает КПД стандартной на  $1,2 \pm 0,5\%$ .

Сравнительные полевые исследования улучшенных зубчатых колес на агрегате *МТЗ-82 + Zirkon 7/300* показали высокую их эффективность (таблица).

Таблица – Результаты полевых испытаний

Ленточная технология		Сплошная обработка	
Стандартные зубчатые пары	Улучшенные зубчатые пары	Стандартные зубчатые пары	Улучшенные зубчатые пары
Производительность, га/ч			
4,5	4,65	3	3,6
Расход топлива, кг/ч			
10,5	9	14,5	14
Энергоемкость, МДж/га			
99,1	82,2	205,3	171,1
Показатель удельной металлоемкости, м <sup>3</sup> /га			
0,0142	0,0138	0,0256	0,0214

Практическая реализация разработанных технических решений проводилась на культиваторе *Zirkon 7/300*.

В предлагаемой нами конструкции привода рабочих органов культиватора паразитный зубчатый ряд составлен из колес, в которых отрицательное смещение ведомого (или ведущего) колеса (коэффициент смещения равен  $-0,35$ ) равно по абсолютной величине положительному смещению ведущего (или ведомого) колеса. Межосевое расстояние при этом есть делительное межосевое расстояние, а угол зацепления  $32^{\circ}$  равен углу профиля производящего контура. Такой зубчатый ряд позволяет уменьшить потери мощности в приводе рабочих органов культиватора *Zirkon 7/300* не менее, чем на 12 кВт, что приводит к снижению расхода топлива при выполнении полевых механизированных работ более, чем на 1,3 кг/га. При этом удалось довести уменьшение энергоемкости процесса обработки почвы до 123,1 МДж/га, удельной металлоемкости – до 0,012 м<sup>3</sup>ч/га.

Производственная проверка предлагаемых технических решений проводилась на агрегате МТЗ 82+*Zirkon 7/300* в СПК «Красный маяк». Отмечено, сокращение календарной продолжительности работы (поверхностная обработка почвы под пропашные культуры) на 3 дня за счет увеличения ее производительности. В результате урожайность картофеля увеличилась на 4,5 ц/га в сравнении с плановыми показателями.

Оценка экономической эффективности результатов исследований проведена в рамках ГОСТ 23730-88 «Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов». Годовой экономический эффект в СПК «Красный маяк» Городецкого района Нижегородской области составил 783 тыс. руб. при сроке окупаемости 0,95 лет.

**Abstract.** The decision of a problem of increase of efficiency of the mechanized productions is promoted by decrease in losses of capacity in transfer mechanisms of various machines. At the same time, there are opportunities of reduction of power losses on friction in to gear pair. Novelty is made with a method of optimization of gear pairs. The practical importance consists in development and a substantiation of parameters of the gear pairs, allowing to raise efficiency of functioning of technics in various productions.

**Васильева Л.Г.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ЗНАКОВО-КОНТЕКСТНОЕ ОБУЧЕНИЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В КОМПЕТЕНТНОСТНОМ ПОДХОДЕ**

***Аннотация.** Рассмотрена сущность компетентностного подхода в высшем профессиональном образовании. Охарактеризовано знаково-контекстное обучение как компетентностный потенциал активной образовательной технологии.*

В процессе создания, освоения и распространения инноваций в области образования складывается новая, прогрессивная образовательная система, которая представляет собой масштабную систему открытого, гибкого, индивидуализированного, созидющего познания, постоянного образования человека на протяжении всей жизни. Один из самых успешных при выборе технологий считается компетентностный подход в высшем профессиональном образовании, поэтому профессиональная подготовка специалиста в учреждении высшего образования, базирующаяся на обозначении компетенции как цели, ориентируется в настоящее время на компетентность [1].

Одной из отличительных черт компетентностного подхода, как утверждают В.А. Болотов и В.В. Сериков, на первое место выходит не информированность обучаемого, а способность лично выискивать требуемые решения задач, поставленных образовательной программой [2].

Исследователи И.С. Сергеев и В.И. Блинов рассматривают компетентность, как готовность к выполнению определенных функций, а компетентностный подход в образовании, как целевую ориентацию учебного процесса на формирование определенных компетенций [3, с.9].

По мнению Е.О. Ивановой, компетентность представлена в виде «владения соответствующей компетенцией, т.е. совокупностью взаимосвязанных знаний, умений, навыков и отношений,

связанных с предметом учения, позволяющих выполнять целенаправленные и результативные действия с ними» [4, с.11].

Обучение, основанное на компетенциях, представляет собой изучение, которое строится на определении, освоении и презентации умений, познаний, типов поведения и взаимоотношений, требуемых для точной трудовой деятельности по специальности.

Среди активных образовательных технологий наиболее значимым является *знаково-контекстное обучение* как компетентностный потенциал активной образовательной технологии.

А.А. Вербицкий в своих работах предложил *модель знаково-контекстного обучения* [5, 6]. Формирование профессиональной компетентности А.А. Вербицкий задает целью профессиональной подготовки специалиста. Содержание учебной деятельности студента в контекстном обучении отбирается не только в логике науки, но и через модель специалиста – в логике будущей профессиональной деятельности, что придает целостность, системность и личностную значимость усваиваемым знаниям. Хорошо известно, что содержание и условия профессиональной деятельности всегда вероятны, проблемны, поэтому основной единицей профессионального образования при контекстном подходе является проблемная ситуация, предполагающая включение механизмов рефлексии и творческого мышления для ее разрешения в процессе обучения.

А.А. Вербицкий отмечает, что в традиционном обучении делается упор на внимание, восприятие и память. Студенту остается лишь выучить готовое знание и поупражняться по образцу. Поэтому вся его деятельность обращена в прошлое, к накопленному опыту, а профессиональная деятельность требует направленности в будущее, на создание нового. А.А. Вербицкий считает, что нельзя приравнять знание к учебной информации. Чтобы получить статус знания, информация с самого начала должна «примериваться» к действию, усваиваться в его контексте. Работа будущего специалиста должна быть организована по принципу «делаю, учась и учусь, делая» [6]. Таким образом, согласно основной идее контекстного подхода, обучение должно быть контекстуально согласованным этапом становления самой профессиональной деятельности.

Компетентностный потенциал данной образовательной технологии состоит в том, что при ее реализации удается уйти от чрезмерной абстракции, избыточного формализма в содержании образования, обеспечивается системное применение академического знания для решения проблем, отражающих специфику будущей профессиональной деятельности, создаются условия для совместного, коллективного труда. В целом, при реализации технологии знаково-контекстного обучения происходит моделирование и реализация образовательного процесса на основе проблематизации содержания образования в контексте смыслов будущей профессиональной деятельности специалиста. Студент при этом занимает активную образовательную позицию, при которой происходит присвоение профессионально важных (интегральных) умений, составляющих основу компетенций [7].

Таким образом, обеспечение качества профессиональной подготовки специалиста в современной высшей школе, согласно компетентностной парадигме, во многом обусловлено выбором адекватных образовательных технологий. Это актуализирует переориентацию традиционного обучения на принципиально новое обучение, связанное с творческим развитием личности, с изменением роли обучающегося, где он становится активным участником образовательного процесса. В этом смысле знаково-контекстное обучение выступает одним из условий реализации компетентностного подхода в высшей школе.

#### Список использованной литературы

1. Ишматова, Ш. А. Особенности компетентностного подхода в системе высшего профессионального образования / Ш. А. Ишматова // Ученые записки Худжандского гос. ун-та им. акад. Б. Гафурова. Сер. гуман.-общест. наук. -2014. - №2(39). - С. 193-198.
2. Болотов, А. В. Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / Болотов А. В., Сериков В. В. // Педагогика . - 2003. - № 10. - С. 37 - 42.
3. Сергеев, И. С. Как реализовать компетентностный подход на уроке и во внеурочной деятельности / И. С. Сергеева, В. И. Блинова. – М.: АРКТИ, 2007. –132 с.

4. Иванова, Е. О. Компетентностный подход в соотношении со знаниево-ориентированным культурологическим / Е. О. Иванова // *Эй- дос: Интернет-журнал*. 2007. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http:// www.eidos.ru](http://www.eidos.ru). – Дата доступа: 02.05.2018.

5. Вербицкий, А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход / А. А. Вербицкий. – М.: Высшая школа, 1991. – 207 с.

6. Вербицкий, А. А. Новая образовательная парадигма и контекстное обучение / А.А. Вербицкий. – М.: Высшая школа, 1999. – 251 с.

7. Смышляева, Л. Г. Активные образовательные технологии как условие реализации компетентностного подхода в высшей школе / Л. Г. Смышляева, Л. А. Сивицкая, Н. А. Качалов // *Известия Томского политехнического университета. Известия ТПУ*. – 2006.– Т. 309, № 5. – С. 235-240.

**Abstract.** The essence of competent approach in higher professional education is shown. Competent potential of active educational techniques is defined.

УДК 811.161.1:004.738.5

**Гринцевич Т.И.**, кандидат филологических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСОВ В ПРЕПОДАВАНИИ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО**

**Аннотация.** *Цель данной статьи – кратко охарактеризовать некоторые ресурсы сети Интернет, актуальные для преподавателя русского языка как иностранного. Автором статьи предлагаются информационные ресурсы Интернет для решения конкретных задач, выработки умений и навыков по определенным темам.*

Давно известна истина, что получение вузовского диплома – это не финиш, а старт. На каком бы этапе жизненного и профессионального пути не находился преподаватель, он никогда не может считать свое образование законченным, а свою профессиональную концепцию окончательно сформированной. Деятельность современного преподавателя тесно связана с его творческой самостоятельностью, мобильностью, высоким интеллектуальным и нравственным потенциалом, с его профессиональной компетентностью и культурным уровнем, опережающим уровень социального окружения. Это, несомненно, выдвигает на первый план необходимость поиска и внедрения в практику современных педагогических технологий, стимулирующих образовательную активность личности. Повышению уровня профессионального мастерства способствуют различные курсы повышения квалификации, семинары и конференции, посещение занятий коллег и т.п. Но их роль невелика без процесса самообразования преподавателя. Преподаватель, открытый всему новому, жаждущий и умеющий постоянно учиться, а не только учить, обязательно будет использовать возможности Интернет-ресурсов для улучшения качества учебного процесса.

Что касается преподавания русского языка как иностранного, следует отметить, что использование образовательных ресурсов сети Интернет открывает широкие возможности доступа к информационным ресурсам и технологиям, и их применению в учебном процессе. Как верно отмечает В.М. Полонский, «в последние годы намечается тенденция повышения эффективности образования за счет внедрения новых информационных технологий, широкого использования ресурсов сети Интернет. Созданы целевые программы, направленные на развитие единой образовательной информационной среды, обеспечивающие информационную поддержку образовательных процессов на всех уровнях образования» [1].

В настоящее время в сети Интернет размещено достаточно большое количество материалов, которые могут быть полезны преподавателю русского языка как иностранного, а именно: учебные пособия, сборники тестов; аудио- и видеоматериалы; компьютерные обучающие программы; методическая и научная литература; презентации, рисунки, фото и т.д. Однако, как показывает практика, для эффективной работы в сети Интернет преподавателю русского языка как иностранного нужна элементарная «компьютерная грамотность»: умение пользоваться поисковыми системами, знание программ по работе в сети Интернет, по просмотру и загрузке (если

это разрешено разработчиками сайта) материалов, а также элементарные знания о форматах документов: PDF, Word, RTF (а также о переводе файлов из одного формата в другой). Только обладая компьютерной грамотностью, преподаватель русского языка как иностранного может легко и быстро найти нужную ему информацию, будь то текстовый документ или видеофрагмент в сети Интернет, и поработать с ним.

В практике преподавания РКИ для решения конкретных задач, выработки умений и навыков по определенным темам преподаватели нередко кроме основных учебников привлекают материалы других пособий. Богатый материал учебных пособий, пособий, аудиоприложений к пособиям, практикумы, литература по методике преподавания РКИ, материалы конференций представлены на сайте <http://www.twirpx.com>. Каждое пособие сопровождается аннотацией.

На сайте <http://turkce-ruska.narod.ru/russkiy.htm> также представлены учебные пособия, практикумы по РКИ, однако их общее количество значительно уступает количеству материалов, размещенных на вышеназванном сайте.

На начальном и среднем этапе обучения русскому языку как иностранному преподавателю будет полезен сайт <http://www.gwu.edu/~slavic/golosa>. Кроме лексико-грамматических упражнений, на сайте размещен достаточно качественный видео- и аудиоматериал по разным разговорным темам: «Свободное время», «Связь и коммуникация», «Кино и телевидение», «Что почитать», «Здоровье» и т.д. Видеоматериалы по перечисленным выше темам – специально записанные в помощь преподавателю русского языка как иностранного диалоги и монологи длительностью 5-10 минут.

К сожалению, нужно отметить, что презентации преподавателей русского языка как иностранного в сети Интернет практически не встречаются, однако там размещено большое количество презентаций учителей-предметников: физиков, математиков, химиков, учителей иностранных языков. Если относиться к работе и поиску материала творчески, то презентации учителей-предметников после соответствующей переработки (с учетом целей и задач урока, этапа обучения русскому языку и т.д.) могут быть легко трансформированы в презентации, используемые на занятиях по обучению русскому языку иностранцев.

Так, например, при изучении специальной лексики преподаватель русского языка как иностранного может использовать в качестве базы (заготовки) презентации по соответствующим дисциплинам. Осуще-

ствить поиск данных презентаций можно через YANDEX.RU или другие поисковые системы. Поиск презентаций осуществляется как по названию конкретной темы (например, *презентация работа и энергия, скачать*), так и в целом по названию дисциплины (например, *презентация по физике, скачать*).

На официальном сайте фонда «Русский мир» (<http://www.russkiymir.ru>) можно познакомиться с программой «Русский для всех. 1000 заданий» (1,2 и 3-ий уровни. Некоторые другие программы по обучению РКИ можно найти на упомянутом выше сайте <http://www.twirpx.com> и других сайтах.

Таким образом, современный Интернет предоставляет преподавателю большие возможности для ознакомления с методической и научной литературой, с передовым опытом работы педагогов, что является важной составляющей самообразования и повышения квалификации каждого преподавателя.

#### Список использованной литературы

1. Полонский, В.М. Образовательные ресурсы и возможности сети Интернет/В.М. Полонский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.libozersk.ru/pages/index/639>.

**Abstract.** The purpose of this article is to briefly describe some of the Internet resources that are relevant to the teacher of the Russian language as a foreign language. The author offers information resources of the Internet for solving specific problems, developing skills and skills on certain topics.

УДК 378.3

**Дакуко Н.В.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

### **РАЗВИТИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ДЕЙСТВИЙ СТУДЕНТОВ НА ЗАНЯТИЯХ ПО ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

**Аннотация.** В статье рассматривается деятельностный подход в процессе развития универсальных учебных действий студентов при работе с текстом на занятиях по иностранному языку.

В педагогике формирование универсальных учебных действий в иноязычном образовании рассматривается как путь повышения качества обучения, так как в их основу заложена способность к самостоятельной работе над языком и способность к саморазвитию и самосовершенствованию.

Ведущим компонентом содержания обучения иностранному языку является обучение различным видам речевой деятельности, что ведет к необходимости формирования коммуникативных компетенций через последовательное развитие универсальных учебных действий.

В состав основных видов универсальных учебных действий входят личностный, регулятивный, познавательный и коммуникативный блоки, которые включают в себя комплекс ключевых деятельностных компетенций.

При формировании универсальных учебных действий наиболее эффективным является деятельностный подход, сформулированный В.В. Давыдовым, А.Н. Леонтьевым, Л.Г. Петерсон, Д.Б. Элькониним.

В деятельностном подходе на занятиях важно реализовать проблемно-диалогическую, проектную и рефлексивную технологии [1]. При проблемно-диалогической технологии целесообразно включать групповые формы работы с обсуждением проблемы, с введением правил коммуникации, в результате чего формируется коммуникативная компетенция студентов, а также умение работать в коллективе.

Написание докладов, рефератов, курсовых и дипломных работ, выполнение индивидуальных исследовательских проектов относятся к проектной технологии, при помощи которой происходит формирование умений планировать и организовывать свою деятельность, а также презентовать свой результат.

Рефлексивная технология помогает оценить свои возможности, способности, достижения.

Студенты должны владеть иностранным языком не только как средством общекультурного общения, но и как средством общения в своей специальности (читать и переводить техническую литературу, владеть необходимой терминологией, правильно и полно оформлять устно и письменно речевые высказывания на иностранном языке). При обучении иностранному языку формируются навыки профессиональной мобильности будущего специалиста [2].

Работа с иноязычным текстом является наиболее целесообразной для развития универсальных учебных действий разного вида.

На его основе осуществляется восприятие и транслирование информации. В тексте содержатся фразеологизмы, речевые клише и обороты, которые можно использовать в продуктивной речевой деятельности [3].

Работа с текстом начинается с предтекстового этапа. На данном этапе можно использовать следующие приемы работы: «мозговой штурм», предсказывание/предугадывание, ассоциации с иллюстрацией или заголовком текста и т.д.

Далее идет текстовый этап. В текстовых заданиях студентам предлагаются коммуникативные установки, в которых содержатся указания на вид чтения (изучающее, ознакомительное, просмотровое, поисковое), скорость и необходимость решения определенных познавательно-коммуникативных задач в процессе чтения.

Послетекстовые задания предназначены для проверки понимания прочитанного, для контроля за степенью сформированности умений чтения и возможного использования полученной информации в будущей профессиональной деятельности.

Организация обучения посредством деятельностного подхода на современном этапе является приоритетной методологической формой. Преподаватели должны вырабатывать такие приемы, формы и методы обучения, которые обеспечивают процесс саморазвития и самореализации у студентов, а также формируют коммуникативное единство с обществом [4].

Применение различных технологий деятельностного метода дает возможность эффективно развивать универсальные учебные действия студентов, ключевые компетенции, повышая качество образования в учреждениях высшего образования [1].

Усвоенные универсальные учебные действия развивают универсальные умения, переносимые в социальную и профессиональную сферы, создавая необходимый личностный ресурс для самореализации [1].

#### Список использованной литературы

1. Гусева, Е. А. Развитие универсальных учебных действий и умений студентов в преподавании гуманитарных дисциплин технического ВУЗа / Е. А. Гусева // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. - №2 (14). – Т. 3. – С. 349-352.
2. Нестерова, М. С. Профессионально-ориентированное обучение иностранному языку как фактор развития конкурентоспособности будущего специалиста экономического и технического профиля (на примере Елецкого промышленно-экономического техни-

кума) / М. С. Нестерова // Актуальные проблемы иноязычного образования на современном этапе : матер. I Всероссийской науч.-практич. интернет-конф., 10-11 декабря 2013 г. / Дальневосточный федер. ун-т ; редкол. : С.М. Емельянова (отв. ред.) [и др.]. – Владивосток, 2014. – С. 292-295.

3. Буданова, Ю. В. Формирование универсальных учебных действий при работе с текстом на уроках немецкого языка / Ю. В. Буданова // Актуальные проблемы иноязычного образования на современном этапе : материалы I Всероссийской науч.-практич. интернет-конф., 10-11 декабря 2013 г. / Дальневосточный федер. ун-т ; редкол. : С.М. Емельянова (отв. ред.) [и др.]. – Владивосток, 2014. – С. 199-205.

4. Давыденко, Ю. И. Деятельный подход при обучении английскому языку / Ю. И. Давыденко // Труды БГТУ – 2016. – №5. – С. 224-227.

**Abstract.** The article is about the technologies of an activity approach in the formation of universal educational action. The important advantage of the method is the growth of interest and increasing of motivation of students, which leads to a significant increase in the efficiency of learning a foreign language. The article describes the development of universal educational actions by the working on a text during the foreign language classes.

УДК 378.14

**Дятко И.М.**, старший преподаватель;

**Фокина И.С.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ТРАДИЦИОННЫЕ И ИННОВАЦИОННЫЕ ФОРМЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются традиционные и инновационные формы проведения самостоятельной работы студентов в современном образовательном процессе.

В современном обществе особенно возрастает потребность в творческой активности специалиста и развитии мышления, в умении конструировать, оценивать. Содержание и технологии

обучения будущих специалистов во многом определяют качество его подготовки.

Под технологией обучения мы подразумеваем определенный способ обучения. В технологии обучения главная роль отводится средствам обучения: преподаватель не обучает студентов, а стимулирует и координирует их деятельность, управляет обучением. Преподавателю важно отобрать необходимое содержание, применить оптимальные методы и средства обучения в соответствии с программой и поставленными педагогическими задачами.

Современное образование не стоит на месте. Студентам уже не так интересны обычные лекции. Преподаватель в вузе должен не только заинтересовать аудиторию, но и удержать её внимание. Именно для этих целей и разрабатываются инновационные технологии в преподавании. В научной литературе под инновационными технологиями принято понимать новшества, которые направлены на внедрение или использование чего-то нового с целью повысить эффективность той или иной деятельности.

В процессе преподавания в высших учебных заведениях используются различные виды инновационных технологий. Новые задания и виды самостоятельной работы отводят студентов от привычного шаблонного выполнения как теоретических, так и практических заданий.

Самостоятельность в современном мире становится профессионально необходимым качеством личности любого специалиста. Выпускник вуза должен действовать самостоятельно, творчески, уметь оперативно принимать нешаблонные решения. Именно поэтому подготовку будущих специалистов необходимо ориентировать на формирование у студентов навыков самостоятельного получения знаний, а не только на репродуктивную исполнительскую деятельность для овладения определенной суммой знаний и умений. Самостоятельность – это интегративное качество личности, которое заключается в способности и потребности принимать и реализовывать решения по собственной инициативе и нести за них ответственность.

Самостоятельная работа в вузе – учебная деятельность студента, которая планируется, выполняется по заданиям, при методическом руководстве и под контролем преподавателя, но без его прямого участия.

Традиционно выделяют следующие формы самостоятельной работы:

1. Внеаудиторная (традиционная) – выполняется студентами самостоятельно в произвольном режиме в удобные для него часы (конспектирование, реферирование литературы, подготовка докладов, аннотаций, эссе);

2. Аудиторная – самостоятельная работа, выполняемая студентами на занятии под контролем преподавателя, у которого в ходе ее выполнения можно получить консультацию (письменная работа);

3. Информационно-коммуникативная – самостоятельная работа с использованием информационных технологий (презентация по теме).

Выбор форм самостоятельной работы определяется кафедрами и преподавателем на основе учебных программ. Важна полная информированность студентов о целях этой работы и сроках ее выполнения.

Любой преподаватель должен учитывать готовность студентов к той или иной форме работы, мотивацию студентов, наличие и доступность справочного материала.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов ее контроля, а также готовностью преподавателя оказать помощь студентам в ходе ее выполнения.

Формы самостоятельной работы должны отличаться для студентов разных курсов.

Решающая роль в организации СРС принадлежит преподавателю, который должен работать не со студентом «вообще», а с конкретной личностью, с ее сильными и слабыми сторонами, индивидуальными способностями и наклонностями.

Особое место в самостоятельной работе можно отвести использованию Интернет-технологий: электронной почты. Использование электронной почты в вузовском образовании очень актуально. Это значительно ускоряет обмен информацией между педагогом и студентом. Общение преподавателя и студента по электронной почте базируется на создании электронных сообщений. Сообщения могут содержать конспекты лекций, тексты докладов, задания для контрольных работ и практических занятий.

Особую актуальность использование электронной почты приобретает в процессе заочного обучения.

Очень интересны занятия в форме экскурсии. По результатам экскурсий студенты готовят доклады, эссе, устраиваются дискуссии.

Правильно организованная преподавателем самостоятельная работа способствует интенсивному развитию личности студента и педагога; демократизации их совместной деятельности и общения; гуманизации учебно-воспитательного процесса; ориентации на творческое преподавание и активное обучение, инициативе студента в формировании себя как будущего профессионала; модернизации средств, методов, технологий и материальной базы обучения, способствующих формированию инновационного мышления будущего профессионала.

**Abstract.** The article considers traditional and innovative forms of independent work of students in the modern educational process.

УДК 631.243.42 : 628.8

**Жур А.А.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ПРАКТИКООРИЕНТИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «МОНТАЖ СРЕДСТВ АВТОМАТИКИ»**

**Аннотация.** *Разработка принципиальной электрической схемы щита управления. Монтаж электрооборудования и средств автоматизации на монтажной плате.*

Автоматизация производства является одним из приоритетных направлений. Для эксплуатации, проектирования и разработки автоматических и автоматизированных систем управления технологическими процессами, комплексной механизации и электрификации сельскохозяйственного производства будущим специалистам

необходимо, прежде всего, изучить современные средства автоматизации, их принцип действия, конструкцию, значение в повышении эффективности управления.

Дисциплина «Монтаж средств автоматики» формирует базу знаний для решения задач по разработке и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов, дает знания по применению современных технических средств управления и контроля. Электромонтажные работы представляют собой сложный комплекс разнообразных трудовых операций. Персонал, осуществляющий электромонтажные работы, должен обладать высокой квалификацией, уметь разрабатывать электрические схемы, выбирать оборудование и производить качественный монтаж.

#### *Разработка ПЭС щита управления*

Принципиальная схема — это схема электрических соединений, выполненная в развернутом виде. Она является основной схемой проекта электрооборудования и средств автоматики и дает общее представление об электрооборудовании данной системы управления и отражает работу системы автоматического управления процессом, служит источником для составления схем соединений и подключений, разработки конструктивных узлов и оформления перечня элементов.

При составлении электрических принципиальных схем щита (ШКАФА) управления необходимо выполнять следующие правила

1. Составление ПЭС щита управления проводится на основании требований технического задания.

2. На электрической принципиальной схеме показываются все электрические связи между входящими в нее элементами электрооборудования технологического процесса.

3. Релейно-контактные схемы необходимо составлять с учетом минимальной загрузки контактов реле, контакторов, путевых выключателей.

4. Для повышения надежности работы схемы нужно выбрать наиболее простой вариант, имеющий наименьшее количество органов управления, аппаратов и контактов.

5. Подача напряжения на силовые цепи и цепи управления должна производиться посредством вводного пакетного выключателя или автоматического выключателя.

6. Различные контакты одного и того же электромагнитного аппарата (контактора, реле, командоконтроллера, путевого выключателя и др. рекомендуется по возможности подключать к одному полюсу или фазе сети.

7. Для обеспечения надежной работы электрооборудования должны быть предусмотрены средства электрической защиты и блокировки. Электрические машины и аппараты защищаются от возможных коротких замыканий и недопустимых перегрузок. В схемах управления электроприводами обязательна нулевая защита для устранения возможности самозапуска электродвигателей при снятии и последующей подаче напряжения питания.

8. Электрическая схема должна быть построена так, чтобы при перегорании предохранителей, обрыве цепей катушек, приваривании контактов не возникало аварийных режимов работы электропривода.

9. В сложных схемах управления необходимо предусмотреть сигнализацию и электроизмерительные приборы, позволяющие оператору наблюдать за ходом выполнения технологического процесса.

10. Для удобства эксплуатации и правильного монтажа электрооборудования зажимы всех элементов электроаппаратов, электрических машин (главные контакты, вспомогательные контакты, катушки, обмотки и др.) и провода на схемах маркируются.

На основании вышеизложенного составляется принципиальная электрическая схема (рисунок 1) учебного щита управления.

#### *Разработка монтажной панели*

Щиты с монтажной панелью предназначены для изготовления различных электрощитов, щитов управления, автоматизации технологических процессов. Монтажная панель предназначена для установки на ней электрооборудования и устройств управления.

#### *Разработка щита управления по дисциплине*

Согласно принципиальной схеме и перечня элементов производим расчёт и выбор марки щита. Щит управления «Монтаж средств автоматики» предназначен для монтажа и наладки средств автоматики и электрооборудования. Внешний вид щита управления с электрооборудованием изображен на рисунке 2.

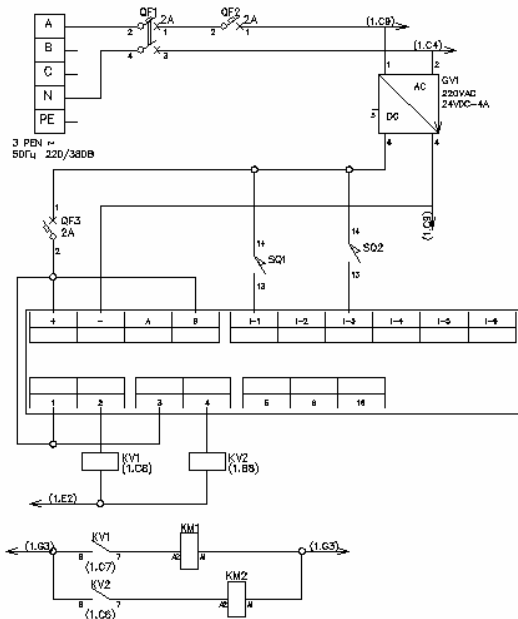


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема учебного щита управления



Рисунок 2 – Щит управления с монтажной платой и электрооборудованием

Описание оборудования щита управления:

Щит управления включает монтажную панель. На панель устанавливается блок питания, дин рейки для монтажа электрических компонентов и контроллера AL2 14MR-D, кабель каналы для прокладки монтажных проводов, клеммные колодки для подключения внешнего оборудования (датчиков, исполнительных механизмов и т.д.).

После окончания монтажных работ проводится автономная наладка стенда:

1. Проверка монтажа приборов и средств автоматизации согласно принципиальных электрических схем;
2. Проверка правильности маркировки, подключения и фазировки электрических проводок;
3. Проверка правильности выбора устройств защиты средств автоматизации;
4. Фазировка и контроль характеристик исполнительных механизмов;
5. Настройка логических и временных взаимосвязей систем сигнализации, защиты, блокировки и управления;
6. Проверка соответствия уставок срабатывания устройств приборов и средств автоматизации;
7. Проверка правильности прохождения сигналов;
8. Предварительное определение характеристик объекта, расчет и настройка параметров аппаратуры систем, конфигурирование и параметрический синтез интеллектуальных датчиков, преобразователей и программно-логических устройств;
9. Подготовка к включению и включение в работу систем автоматизации для обеспечения индивидуального испытания технологического оборудования и корректировка параметров настройки аппаратуры систем в процессе их работы;

Разработанный стенд может использоваться для проведения лабораторных работ по дисциплинам «Монтаж средств автоматики», а также практических и лабораторных работ по дисциплине «Монтаж эксплуатация и диагностика систем автоматизации».

#### Список использованной литературы

1. Куценко, Г.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт электроустановок / Г.Ф. Куценко, – Минск: Дизайн ПРО, 2006, – 472с.

2. Грунтович, Н.В. Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования / Н.В. Грунтович, – Минск: Новое знание; М., ИН-ФА-М, 2013. – 271с.

**Abstract.** Development of a basic electrical diagram of the control panel. Installation of electrical equipment and automation equipment on the circuit board.

УДК 811.161.1

**Занкович Е.П.**, кандидат филологических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **КАЧЕСТВЕННАЯ ЯЗЫКОВАЯ ПОДГОТОВКА БУДУЩЕГО СПЕЦИАЛИСТА АПК – ЗАЛОГ ЭФФЕКТИВНОЙ УПРАВЛЕНЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

***Аннотация.** Язык выступет как средство образования, развития и воспитания. Современные специалисты АПК зачастую выполняют функции руководителей. Они формулируют проблемы, решают задачи, разрабатывают планы и т.д. Поэтому уровень владения языком должен обеспечивать реализацию коммуникативных потребностей будущего современного специалиста в сфере профессиональных и служебных отношений.*

Язык сопровождает сознательную деятельность человека на протяжении всей жизни. Он выступает как средство образования, развития и воспитания. Другого равнозначного с языком по своим возможностям дидактического средства педагогика не имеет.

Язык является важнейшим средством формирования культуры личности, ее световосприятия и интеллекта. Благодаря языку при надлежащим владении им как информативным, интерактивным и перцептивным средством осуществляется процесс духовного становления человека, сохранение и передача социально-культурного

опыта, что обеспечивает включение человека в реальную жизнь и работу в обществе.

Слово помогает определиться с идеалами, взглядами, позицией, усвоить нормы поведения в контексте национальной культуры.

В последние годы все чаще и чаще ставятся вопросы об определении ключевых компетенций, которыми должен овладеть современный специалист в процессе обучения. Наряду с такими компетенциями, как:

- академические, включающие знания и умения по изучаемым дисциплинам;
- социально-личностные, охватывающие культурно-ценностные ориентации, знание идеологических, нравственных ценностей общества и государства и умение следовать им;
- профессиональные компетенции, включающие знания и умения формулировать проблемы, решать задачи, разрабатывать планы и обеспечивать их выполнение в избранной сфере деятельности, можно выделить и компетенции, относящиеся к владению устной и письменной речью.

Кроме того, в условиях возрастающего потока научной информации особую актуальность приобретает формирование информационной культуры, которая заключается не только в возможности быстро выбирать нужную информацию, но и в умении логически осмысливать и интерпретировать, грамотно и аргументированно передавать. Такое умение в значительной степени обуславливается качественной языковой подготовкой.

Признание языка главным инструментом информационного воздействия, повышение мотивации публичной языковой деятельности требуют от высшей школы готовить не просто специалиста, а коммуникативно развитую личность, билингвистически подготовленную, которая бы на достаточно высоком уровне могла наладить отношения в профессионально-деловой сфере.

В стандарте высшего образования определены требования к уровню подготовки будущего специалиста. Одно из требований – владение государственными языками (белорусским и русским), одним или несколькими иностранными языками.

Современные специалисты АПК выполняют функции руководителей. Разрабатывают методические и нормативные материалы, участвуют в рассмотрении технической документации, готовят различные отзывы, заключения и т.д. В процессе принятия и реализации управленческих решений им необходимо освоить общепринятую в управлении лексику, стиль деловой и коммерческой корреспонденции для свободного общения. Именно поэтому в образовательном стандарте в качестве компетенций организационно-управленческой деятельности выделены такие, как:

- умение составлять документацию (графики работ, инструкции, планы, заявки, деловые письма и т.п.), а также отчетную документацию по установленным формам;

- вести переговоры, разрабатывать, представлять и согласовывать представляемые материалы. В связи с этим важное значение имеет дисциплина «Делопроизводство». Особое внимание при изучении которой уделяется таким вопросам, как язык и стиль служебных документов. Во многом умение надлежащим образом преподнести информацию в письменном виде, то есть правильно составить документ, зависит от уровня языковой подготовки.

Язык служебных документов имеет свои особенности. Это касается прежде всего использования лексических средств. Неправильно выбранное слово может исказить смысл документа, привести к двоякому толкованию, что негативно отразится не только на практической, но и на правовой оценке ситуации, фактов и т.д.

Уровень владения языком должен обеспечивать реализацию коммуникативных потребностей будущего современного специалиста в сфере профессиональных и служебных отношений. Поэтому практическое владение языком – одна из основных целей подготовки специалиста с высшим образованием.

**Abstract.** Language acts as a means of education, development and education. Modern specialists of agroindustrial complex often perform functions of heads. They formulate problems, solve problems, develop plans, etc. So the level of language proficiency must provide an implementation of the communicative needs of the future modern specialist in the field of professional and business relationships.

**Захарьева Л.В.**, кандидат педагогических наук  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **КОММУНИКАТИВНО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКОЕ МАСТЕРСТВО СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ИНОСТРАННОГО ЯЗЫКА**

***Аннотация.** Представлены основные компоненты коммуникативных качеств студентов, обеспечивающих эффективное осуществление коммуникативных процессов при изучении иностранного языка.*

Динамизм развития современного общества неразрывно связан с интенсификацией информационно-коммуникативных процессов, предполагающих активное включение человека во все возрастающее многообразие коммуникативных связей. В условиях усиления международного сотрудничества Республики Беларусь с другими странами, создания единого коммуникативного пространства коммуникативный фактор становится доминирующим и обуславливает необходимость всесторонней подготовки будущего специалиста к взаимодействию в системе социальных, профессиональных, межличностных взаимоотношений при изучении различных областей знаний.

Ориентируясь на коммуникативную природу иностранного языка (познавательную и контактоустанавливающую), исследователи проблемы коммуникации в образовательном процессе отмечают, что результатом изучения данной дисциплины является формирование способности студентов к речевому общению и умений использовать речевые средства в целях реальной коммуникации (В.Г. Костомаров, Г.А. Китайгородская, В.П. Кузовлев, В.А. Ясвин и др.).

В научных исследованиях термин «коммуникативно-исполнительское мастерство» обобщенно понимается как высоко-профессиональная техника реализации коммуникативного взаимодействия, состоящая из совокупности коммуникативных качеств, знаний, умений, навыков (И.А. Зязюн, А.А. Леонтьев, А.В. Мудрик, Л.И. Уманский и др.).

Коммуникативно-исполнительское мастерство студентов агротехнических специальностей при изучении иностранного языка проявляется в умении найти адекватную коммуникативную структуру и умение реализовать свой коммуникативный замысел непосредственно в процессе коммуникации, демонстрируя коммуникативно-исполнительскую технику коммуникации.

Важной составляющей коммуникативно-исполнительского мастерства студента является организация непосредственной коммуникации на иностранном языке. Условно этот процесс можно назвать «коммуникативной атакой», когда завоевывается коммуникативная инициатива участников коммуникации. Среди основных способов завоевания инициативы следует выделить оперативность в организации коммуникативного контакта, переход от организационных процедур к межличностному коммуникативному взаимодействию, оперативное достижение социально-психологического единства с партнерами по коммуникации, формирование чувства «мы», придание взаимодействию личностного характера, возникновение коммуникативных отношений [1].

Коммуникативно-исполнительское мастерство студента обуславливает состоятельность и продуктивность коммуникативных процессов при изучении иностранного языка в основе которых лежат: творческое мышление студента (нестандартность, гибкость мышления, в результате чего общение предстает как вид социального творчества); культура речевого действия (грамотность построения фраз, простота и ясность изложения мыслей, образная выразительность и четкая аргументация, адекватный ситуации общения тон, динамика звучания голоса, темп, интонация и, конечно, хорошая дикция); культура самонастройки на коммуникацию на иностранном языке и психоэмоциональной регуляции своего состояния; культура жестов и пластики движений (самоуправление психофизическим напряжением и расслаблением, деятельная самоактивация и т. д.); культура восприятия коммуникативных действий партнеров по коммуникации; культура эмоций (как выражение эмоционально-оценочных суждений в общении) и др.

Комплекс коммуникативно-исполнительских качеств будущего специалиста, обеспечивающий эффективную реализацию коммуникативных процессов и продуктивное взаимодействие участников

коммуникации, включает: *контактность* (открытость к коммуникации и взаимодействию); *конструктивность* (направленность на разрешение проблем и конфликтов); *эмоциональный интеллект* (интеллектуальное управление эмоциями); *креативность* (творческое решение нестандартных ситуаций) [2].

Уровень владения студентами коммуникативно-исполнительским мастерством влияет на ход коммуникации на иностранном языке, ее смысловое и поведенческое содержание, что требует от ее участников наличия коммуникативных, рефлексивных и интерактивных умений: слушать и слышать своего собеседника; определять его настроение; «стать в позицию другого»; выражать свое отношение к предмету общения так, чтобы быть понятным; самостоятельно организовывать ситуацию коммуникативного взаимодействия; понимать свое состояние в процессе взаимодействия; воспринимать себя и свои действия глазами партнеров; видеть преимущества и слабые стороны любой позиции; адекватно интерпретировать свое поведение и поведение других участников; критически мыслить; работать с поступающей устной и письменной информацией; принимать объективные решения; контролировать свои собственные эмоциональные реакции и отражать динамику взаимодействия; устанавливать и поддерживать контакт с каждым участником, учитывать его индивидуальные особенности и своеобразие; действовать в новых условиях, меняя способы деятельности; формулировать собственную точку зрения; регулировать конфликт; находить консенсусные или компромиссные решения при наличии противоположных мнений, взглядов.

#### Список использованной литературы

1. Леонтьев, А. Н. Лекции по общей психологии : учеб. пособие / А. Н. Леонтьев ; под ред. Д. А. Леонтьева, Е. Е. Соколовой. – М. : Университет : Смысл, 2005. – 509 с.
2. Мудрик, А. В. Общение в процессе воспитания : учеб. пособие для вузов / А. В. Мудрик. – М. : Пед. о-во России, 2001. – 320 с.

**Abstract.** The main components of students' communicative qualities providing effective implementation of communicative processes while learning foreign languages are presented.

УДК 378

**Кожич Д.Т.**, кандидат химических наук, доцент;  
**Слонская С.В.**, кандидат химических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН БУДУЩИМ СПЕЦИАЛИСТАМ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА**

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы улучшения экологической составляющей образования будущих специалистов сельского хозяйства при преподавании химических дисциплин на кафедре химии БГАТУ и роль опережающего развития образования в высшей школе в рамках концепции устойчивого развития. Особое внимание уделяется приобретению навыков инновационного и креативного мышления у обучаемых для решения экологических проблем и рисков в процессе их будущей практической деятельности.*

Принятая Организацией Объединённых Наций (ООН) концепция устойчивого развития мирового сообщества является ответом на такие вызовы современности, как неуклонное расширение хозяйственной деятельности человека, рост численности народонаселения планеты и ухудшение экологии окружающей среды [1]. Эта глобальная цель, принятая мировым сообществом, представляет собой достижение баланса между экономическим, социальным и экологическим направлениями развития человечества. То есть устойчивое развитие – это экономический рост, который не приводит к деградации окружающей среды.

В 2015 году произошло принятие ООН Повестки дня в области устойчивого развития до 2030 года, которая представляет собой насыщенный план действий и ориентирована на объединение усилий по достижению экономического процветания и по обеспечению экологической устойчивости и социальной интеграции, а инновации признаются одним из средств её реализации. При этом ключевую роль в устойчивом социально-экономическом и экологическом развитии мирового сообщества отводится образованию. Поэтому после того как устойчивое развитие было впервые заявлено

на Генеральной Ассамблее ООН в 1987 году, параллельно стала развиваться концепция образования для устойчивого развития (ОУР), которое оказывается не только предпосылкой достижения устойчивого развития, но и приоритетным его средством, т.е. можно сказать, что переход к новому курсу развития цивилизации начинается со становления образования в интересах устойчивого развития. Технический прогресс и инновации являются ключевым фактором роста производительности труда и ускорения темпов экономического роста, а также улучшения жизни людей и решения экологических проблем. Без инновационной деятельности невозможно достичь Целей устойчивого развития, которые ставит перед собой мировое сообщество.

Современный этап модернизации образования требует принципиально новых подходов к организации этого процесса и, в частности, высшего образования. Если раньше студент должен был получить определённый набор знаний, то сегодня для общества важнее приобретение им креативных умений и навыков на основе полученных знаний для развития таких личностных качеств, как активность, самостоятельность и творческий подход к генерации и решению инновационных проблем, т.е. обладать готовностью и способностями выступить в качестве исполнителя или руководителя в инновационной деятельности. Такие психологические особенности студентов как память, внимание и мышление, составляющие основу междисциплинарных умений, являются тренируемыми и поэтому в процессе целенаправленных воздействий со стороны преподавателей можно обеспечить положительную динамику их развития.

Стремясь к достижению этой цели одним из способов ее реализации в процессе обучения химическим дисциплинам является знакомство с инновационными технологиями решения конкретных экологических проблем не только в сельском хозяйстве. Это способствует пониманию студентами важности межпредметных связей, поскольку выполнение инновации – это не только сама технология, но и создание соответствующего оборудования, технологической оснастки; использование сырья, химических веществ; экономические расчёты, обоснования экономической рентабельности и другое.

В основном загрязнение биосферы осуществляется химическими соединениями по причине их токсического действия. В связи с этим, на кафедре химии в Белорусском государственном аграрном техническом университете на основе дисциплины «Химия» преподаётся дисциплина «Физико-химические и токсические свойства

веществ» для студентов. Опыт преподавания этой дисциплины и растущая востребованность увеличения экологической составляющей в системе образования, мотивировали нас, с учётом современных тенденций развития высшего образования, ввести в образовательный процесс новую дисциплину «Химия токсических веществ». Данная дисциплина логически вписывается в новую концепцию экологического образования для устойчивого развития.

В процессе изучения этих дисциплин студенты получают конкретные знания по токсикологии, токсикометрии, а также химическим свойствам веществ. Наряду с информацией о наиболее широко применяемых химических веществах и процессах в сельском хозяйстве, особый акцент делается на их токсические свойства (токсикологическая химия), учёт возможных экологических рисков при их применении и меры по обеспечению безопасности работающего с ними персонала. На лабораторных занятиях студенты осваивают методы анализа токсических веществ, знакомятся с классами опасности вредных веществ. Поскольку конечные задачи, стоящие перед химической экологией, экологической токсикологией и токсикологической химией в основном совпадают, то можно говорить о прямой взаимосвязи этих дисциплин. Учитывая современные тенденции в повышении роли экологической составляющей в химическом образовании в высшей школе, в данные дисциплины нами включена такая современная инновационная концепция природоохранной деятельности человека как «зелёная химия», а также большое внимание уделено роли биомассы и отходов сельскохозяйственного производства в качестве биовозобновляемого источника энергии и химических продуктов [2]. При этом рассматриваются современные альтернативные инновационные решения для снижения экологических проблем, в частности, для сельского хозяйства это применение биопестицидов, биотоплива, биоразлагаемых полимеров и др.

Важное значение имеет участие студента в выполнении научно-исследовательской работы (НИР) по проблемной ситуации, требующей его личного самоопределения и предложений инновационного характера для ее решения. Подготовка НИР позволяет оценить уровень развития способностей логического мышления, а также умение студента работать самостоятельно продуктивно в электронной образовательной среде. Выполненная НИР докладывается на студенческой научной конференции перед своими сокурсниками и подвергается защите.

Новые экологические технологии можно формировать только на основе нового фундаментального знания междисциплинарных связей естественных наук с использованием новых прорывных инновационных подходов и решений. Старые же технологии ведут не к развитию, а к застою.

Необходимо обеспечить новое качество образования, его эффективность и, что не менее важно, в условиях рыночной экономики конкурентоспособность будущих специалистов АПК [3].

В ходе образовательного процесса мы должны стремиться к такому личностному развитию студентов, чтобы они были готовы привнести свой творческий потенциал и опыт, необходимые для масштабирования и развития новых прорывных технологий и инноваций, а само образование должно будет не просто запоздало отражать происходящие изменения, а опережающими темпами способствовать тем формам социального и социоприродного развития, которые в наибольшей степени будут реализовывать стратегию выживания человечества и сохранения биосферы [4].

Сегодня становится очевидным и нет сомнений в том, что решение экологических проблем в интересах устойчивого развития невозможно без создания системы опережающего образования, для которого характерно увеличение его экологической инновационной направленности.

#### Список использованной литературы

1. Электронный ресурс:  
<http://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals>
2. Слонская, С.В. Физико-химические и токсические свойства веществ. Учебно-методический комплекс: учебно-методическое пособие / С. В. Слонская, Д. Т. Кожич. – Минск: БГАТУ, 2016. – 232 с.
3. Попов, А.И. Формирование готовности технических специалистов АПК к инновационной деятельности / А.И. Попов, В.М. Синельников, Л.Е. Процко // Агропонорама. – 2017. – № 2. – С. 43–48.
4. Урсул, А.Д. Ключевая роль образования в достижении целей устойчивого развития / А.Д. Урсул, Т.А. Урсул // Социодинамика. – 2016. – № 4. – С.1–18.

**Abstract.** The issues of improving the ecological component of the education of future agricultural specialists in the teaching of chemical disciplines at the Department of Chemistry of the Belarusian State Agrarian Technical University and the role of advanced development of

education in higher education within the framework of the concept of sustainable development are considered. Particular attention is paid to the acquisition of skills of innovative and creative thinking for students to solve environmental problems and risks in the course of their future practical activities.

УДК 631.3-192+631.3004.67

**Круглый П.Е.**, кандидат технических наук, доцент;

**Кашко В.М.**, старший преподаватель;

**Драгун С.Н.**, ассистент

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «НАДЕЖНОСТЬ И РЕМОНТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ»**

***Аннотация.** Приведен опыт использования инновационных технологий при преподавании дисциплины «Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники» для специальности «Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса», а именно модульно-рейтинговой системы обучения и контроля знаний студентов.*

Дисциплина «Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники» является одной из основных составляющих для формирования у выпускника вуза компетентности в решении профессиональных задач. Это подчеркивает актуальность изучения дисциплины и ее роль в профессиональной подготовке выпускника [1, 2].

Изучение дисциплины «Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники» обеспечивает формирование следующих групп компетенций:

- академических, включающих: овладение базовыми научно-теоретическими знаниями и умениями применять их для решения теоретических и практических задач в области надежности и ремонта сельскохозяйственной техники, организации ремонтно-обслуживающего производства; овладение методами научного по-

знания, системным и сравнительным анализом, исследовательскими навыками; умение работать самостоятельно; овладение междисциплинарным подходом при решении комплексных проблем; способность самостоятельно повышать свою квалификацию;

- социально-личностных, включающих: культурно-ценностные ориентации; знание идеологических, нравственных ценностей общества и государства и умение следовать им;

- профессиональных, включающих способность: оценивать надежность и составляющие ее свойства (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость) количественными показателями; устанавливать причину потери работоспособности деталей и соединений сельскохозяйственной техники; составлять мероприятия по повышению надежности объектов при их эксплуатации и ремонте; своевременно предупреждать, выявлять и устранять неисправности сельскохозяйственной техники, анализировать причины их появления; определять остаточный ресурс машины, вид ремонта, объем ремонтно-обслуживающих работ и условия их выполнения; разрабатывать и внедрять технологические процессы ремонта сборочных единиц и восстановления деталей; разрабатывать и осуществлять мероприятия по модернизации сборочных единиц и машин; проектировать производственные подразделения ремонтно-обслуживающих предприятий; рационально организовывать производственный процесс на ремонтно-обслуживающих предприятиях.

Указанные компетенции развиваются посредством:

- деятельностного типа содержания обучения, обеспечивающего не только формирование знаний, но и способов мышления и деятельности;

- применения средств диагностики формируемых компетенций (тесты, разноуровневые задания с исследовательским уклоном и др.);

- управляемой самостоятельной работы студентов;

- использования современных информационных технологий для сопровождения учебного процесса.

- использования современных педагогических методик и технологий, способствующих самостоятельному поиску студентами знаний и приобретению опыта решения разнообразных задач, в частности, это модульно-рейтинговая технология, метод анализа конкретных ситуаций.

На кафедре при преподавании дисциплины «Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники» для специальности «Матери-

ально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса» успешно используется модульно-рейтинговая система обучения студентов [3, 4].

Обязательным условием при модульно-рейтинговой системе обучения и оценивания студентов является модульное построение учебного материала дисциплины и соответствующие характеру учебного материала контролирующие действия преподавателя.

Модульная технология обучения основана на группировании вопросов учебной программы каждой дисциплины в отдельные логически завершённые модули, изучение которых заканчивается контролем.

Модуль – относительно самостоятельный фрагмент образовательного процесса, имеющий собственную цель, содержание, программное и методическое обеспечение.

Тематический план по дисциплине «Надёжность и ремонт сельскохозяйственной техники» для дневной формы обучения для специальности 1-74 06 06 при модульно-рейтинговой системе приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Тематический план (дневная форма обучения)

№ и наименование модуля	Общее количество аудиторных часов на модуль	В том числе						Всего УСРС по модулю (час)
		Лекции (час)		Лабораторные занятия (час)		Практические занятия (час)		
		часы по плану	в том числе УСРС	часы по плану	в том числе УСРС	часы по плану	в том числе УСРС	
М-1 Основы надёжности и производственный процесс ремонта сельскохозяйственной техники	24	12	2	12	4	–	–	6
М-2 Технология ремонта сельскохозяйственной техники и основы проектирования ремонтно-обслуживающих предприятий АПК	32	12	2	12	–	8	4	6

**Итого:** общее количество аудиторных часов на дисциплину – 56, в том числе: лекций – 24, лабораторных занятий – 24, практические занятия – 8, УСРС – 12.

В рамках модуля обучение осуществляется по следующему алгоритму: знакомство с новым материалом – углубление, обобщение, систематизация знаний – текущий контроль (предварительная оценка результатов) – рубежный (промежуточный) контроль и оценка.

На протяжении изучения нового материала преподаватель осуществляет поэтапную корректировку текущих результатов обучения.

При организации учебного процесса в рамках модульно-рейтинговой системы обучения и оценивания студентов содержание учебной дисциплины делится на 2 модуля таким образом, чтобы темы каждого из них были внутренне связаны между собой и представляли завершённые разделы. По каждому модулю используются различные формы аудиторной работы студентов: лекции, лабораторные, практические занятия, в том числе управляемая самостоятельная работа.

Курсовая работа рассматривается как отдельный модуль.

Вопросы дисциплины, не рассматриваемые на лекциях, студенты изучают самостоятельно, используя рекомендованную литературу. В ходе изучения модуля студент выполняет все установленные виды самостоятельной работы и отчитывается по ним.

Преподаватель на первом занятии информирует студентов о модульно-рейтинговой системе изучения дисциплины, о формах и сроках контроля по модулям, излагает требования ко всем видам контроля в течение семестра и при итоговой аттестации по дисциплине.

Общие требования к контролю качества знаний студентов и средствам оценки должны отвечать требованиям стандартов и «Положения о модульно-рейтинговой системе обучения студентов» [1, 3, 4].

Получение информации о степени усвоения студентами учебного материала обеспечивается в ходе проведения различных видов контроля: входного, текущего, рубежного и итогового.

Все виды контроля носят обучающий, стимулирующий и воспитывающий, а не только проверочный характер.

Решение о досрочной аттестации студента по дисциплине за семестр принимается на заседании кафедры. Списки досрочно аттестованных студентов вносятся в ведомость и заверяются подписью заведующего кафедрой.

Экзаменационная оценка выставляется в зачетно-экзаменационную ведомость и в зачетную книжку студента в день проведения экзамена, при условии получения им допуска к сессии.

Для организации учебного процесса по модульно-рейтинговой системе обучения преподаватели кафедры: составили учебные программы по изучаемым учебным дисциплинам на модульной основе; разработали учебно-методические комплексы (в том числе ЭУМК), содержащие задания и рекомендации, по организации самостоятельной работы; составили графики контрольных мероприятий по дисциплине; разработали оценочные средства, включающие типовые (разно уровневые) задания, тесты, в том числе Moodle, комплексные контрольные задания.

Модульно-рейтинговое построение преподавания дисциплины дает ряд значительных преимуществ и является одним из эффективных путей интенсификации учебного процесса, особенно в условиях целевой интенсивной подготовки специалистов.

К числу преимуществ данного метода обучения относятся: обеспечение методически обоснованного согласования всех видов учебного процесса внутри каждого модуля и между ними; системный подход к построению преподавания дисциплины; гибкость структуры модульного преподавания дисциплины; эффективный контроль за усвоением знаний студентами; выявление перспективных направлений научно-методической работы.

Весьма полезным, на наш взгляд является тестовый контроль знаний и умений студентов, который отличается объективностью, экономит время преподавателя, в значительной мере освобождает его от рутинной работы, позволяет в большей степени сосредоточиться на творческой части преподавания, обладает высокой степенью дифференциации испытуемых по уровню знаний и умений и очень эффективен при реализации модульно-рейтинговой системе, дает возможность в значительной мере индивидуализировать процесс обучения.

#### Список использованной литературы

1. Образовательный стандарт высшего образования. Высшее образование. Первая Ступень. ОСВО 1-74 06 06 – 2013. – Минск: Минобразования РБ, 2003 – 84 с.

2. Организация образовательного процесса по модульной технологии обучения. Стандарт университета. Система менеджмента. СМ-СТУ-11.1.1.-12, 2012. – 12 с.

3. Положение о модульно-рейтинговой системе обучения и оценивания студентов : Минск, БГАТУ, 2011. – 25 с.

4. Тарасенко В.Е., Анискович Г.И., Кашко В.М. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники : Учебная программа для вузов для специальности 1-74 06 06 «Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса». – Минск : БГАТУ, 2016 – 48 с.

**Abstract.** The experience of using innovation technologies in teaching the subject «Reliability and repair of farm machinery» for the specialty «Logistik support of the agro-industrial complex» (modular-rating system of teachers and students knowledge control) is given.

УДК 378.147

**Любочко И.А.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **КЕЙС-МЕТОД КАК ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНОЯЗЫЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ**

**Аннотация.** *Статья посвящена применению технологий кейс-метода на занятиях иностранного языка в учреждениях высшего образования агротехнического профиля.*

Инновационные изменения в сфере АПК и возрастание роли знаний, а, следовательно, качественной подготовки инженерных кадров, определяют необходимость поиска новых, отвечающих современным потребностям, форм организации образовательных процессов.

Основной целью обучения агротехническим специальностям является формирование знаний и компетенций, необходимых для молодого специалиста, востребованного современным рынком труда.

Важным этапом в процессе выработки системного мышления на занятиях иностранного языка является применение технологий кейс-метода (case study methods). Кейс (ситуация) — совокупность

условий и обязательств, описывающих конкретно реальную обстановку, например, на сельскохозяйственном предприятии в рассматриваемый период. Ситуация предусматривает наличие управленческой проблемы и обычно включает информацию о целях, финансовом состоянии, об отношениях между управленческим и производственным персоналом, об условиях рынка, активности конкурентов и других влияниях внешней среды.

Отличительными особенностями кейс–метода являются: описание реальной проблемной ситуации; альтернативность решения проблемной ситуации; единая цель и коллективная работа по выработке решения; функционирование системы группового оценивания принимаемых решений; эмоциональное напряжение студентов. Сложной задачей для преподавателя, требующей эрудиции, педагогического мастерства и времени, является разработка кейса, т.е. подбора соответствующего реального материала, в котором моделируется проблемная ситуация и отражается комплекс знаний, умений и навыков, которыми студентам нужно овладеть. Кейсы, обычно подготовленные в письменной форме, читаются, изучаются и обсуждаются. Эти кейсы составляют основы беседы группы под руководством преподавателя. Метод кейсов включает одновременно и особый вид учебного материала, и особые способы использования этого материала в образовательном процессе. Студенты должны разрешить поставленную проблему и получить реакцию окружающих на свои действия. При этом они должны понимать, что возможны различные решения проблемы. Поэтому преподаватель должен помочь студентам рассуждать, спорить, а не навязывать им свое мнение. Студенты должны понимать с самого начала, что риск принятия решений лежит на них, преподаватель только поясняет последствия принятия необдуманных решений. Роль преподавателя состоит в направлении беседы или дискуссии с помощью проблемных вопросов, в контроле времени работы, в вовлечении всех студентов группы в процесс анализа кейса.

На занятиях по иностранному языку, работая над темой «Прием на работу», можно использовать кейс-метод для отбора персонала. Суть этого метода заключается в том, что группа участников проходит через разнообразные испытания, среди которых главная роль отводится решению кейсов и презентациям.

Группа делится на 2 команды. Студенты одной команды играют роль претендентов на трудоустройство, другой ведут наблюдения за участниками, а затем все действия участников внимательно ана-

лизируются, и для каждого из них составляется заключение, содержащее оценку деловых и личностных качеств. Разбирая кейс при приеме на работу, следует помнить, что однозначно верного решения здесь не существует. Очень важно здесь продемонстрировать работодателю свои аналитические способности. При выполнении подобного задания, работодатель, в первую очередь хочет узнать, как Вы мыслите и как умеете применять теоретические знания на практике, а также проверяются Ваши коммуникативные навыки, умение эффективно работать в команде. Поэтому здесь важно не только выработать свой вариант действий, но и выслушать своих оппонентов, убедить их в своей правоте, а если потребуются, то скорректировать свой метод решения проблемы с учетом мнения оппонентов.

Таким образом, мы можем сделать вывод о том, что кейс-метод позволяет активизировать теоретические знания и практический опыт студентов, развивать умения высказывать мысли, идеи, предложения, видеть альтернативную точку зрения и аргументировать свою, проявлять и совершенствовать аналитические и оценочные навыки, готовность работать в команде, способствует пониманию неоднозначности решения проблем в реальной жизни. Применение кейс-метода требует от преподавателя больше времени на подготовку по созданию кейсов, преодоление существенных трудностей, заключающихся в недостатке учебно-методической литературы, но данный метод приносит большое удовлетворение, как преподавателю, так и студентам при виде высоких результатов работы.

#### Список использованной литературы

1. Амбалова, С. А. Формирование профессиональной культуры студентов-будущих преподавателей: учеб. - метод. пособие / С. А. Амбалова. – М.: Издательский дом «МПА-Пресс», 2014.
2. Ананьев, Б. Г. Человек как предмет познания / Б. Г. Ананьев – М.: Наука, 2000. – 372 с.
3. Астемирова, О.Н. Формирование потребностей в самореализации студентов вузов как проблема социально-педагогических исследований / О.Н. Астемирова // Социально-педагогические идеи в научных исследованиях молодых ученых : сб. статей / Под ред. В.С. Торохтий. - М.: МГППУ. - 2011. - № 1. - С. 134-138.
4. Применение кейс-технологий на уроках английского языка [электронный ресурс]. - Режим доступа:

[http://sosh36.citycheb.ru/images/svedeniya\\_ob\\_oo/rukovodstvo\\_ped\\_sostav/ShMO/rsv/2](http://sosh36.citycheb.ru/images/svedeniya_ob_oo/rukovodstvo_ped_sostav/ShMO/rsv/2) (PDF).

5. Рогова, Е.М. Особенности организации процесса обучения на основе кейс-метода / Е.М. Рогова // Современные технологии обучения в вузе: учеб.-метод. пособие / Под ред. М.А. Малышевой. Санкт-Петербург, 2011. - С. 25-43.

**Abstract.** The article deals with the technologies of the case-method application during the lessons of a foreign language in the establishments of higher education.

УДК 004.3

**Мантур А.Я.**, старшы выкладчык;  
**Смалянка Г.А.**, старшы выкладчык

*УА «Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт»,  
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь»*

## **РОЛЯ МУЛЬТИМЕДЫЙНЫХ ТЭХНАЛОГІЙ У ПРАЦЭСЕ НАВУЧАННЯ СТУДЭНТАЎ**

***Анотацыя.** У артыкуле разглядаецца роля мультымедыйных матэрыялаў, якія дапамагаюць зрабіць заняткі на роднай мове больш цікавымі і дынамічнымі.*

Тлумачэнне новага матэрыялу з'яўляецца адным з галоўных момантаў у час інфармацыйна-пошукавага этапу на практычных занятках па дысцыпліне “Беларуская мова (прафесійная лексіка)”, які выкладчык можа зрабіць максімальна наглядным і зразумелым для студэнтаў. Каб дасягнуць гэтага трэба выкарыстоўваць **мультымедыйную тэхналогію**, якая прызначана для стварэння разнастайных навучальных прэзентацый, выкананых у праграме *Power Point*. Яны ўяўляюць сабою дасканалы прадуманы мультымедыйны канспект, у змесце якога прысутнічае сціслы тэкст, асноўныя правілы-азначэнні, апорныя схемы, табліцы, малюнкi, фотаздымкі, відэафрагменты, анімацыя і гук. Праграма *Power Point* дае магчымасць будаваць разнастайныя графікі і дыяграмы, рыхтаваць паказ і дэманстрацыю слайдаў, што дапамагаюць эканоміць час на практычных занятках.

Англійская прыстаўка *multi* асацыіруецца ў многіх са словамі “мультфільм”, мультыплікатар” і інш. У сувязі з развіццём і ўдасканаленнем камп’ютарнай тэхнікі з 90-х гг. мінулага стагоддзя стаў шырока вядомы яшчэ адзін тэрмін – “мультымедыя”.

Што датычыцца лексічнага значэння гэтага слова, то яно складаецца з дзвюх частак: *multi*, што ў перакладзе абазначае “многа, шмат”, і *media* – асяроддзе. Як тэрмін яно мае наступнае азначэнне: “Мультымедыя – гэта аб’яднанне ў адным дакуменце гукавой, музычнай і відэаінфармацыі з мэтай імітацыі ўздзеяння рэальнага свету на органы пачуццяў” [2, с. 229].

Сапраўды, дзякуючы выкарыстанню такой камп’ютарнай тэхналогіі на практычных занятках студэнт мае мажлівасць успрымаць неабходную інфармацыю адначасова некалькімі органамі пачуццяў, а не паслядоўна, як гэта звычайна бывае пры традыцыйным выкладанні.

Пры дапамозе камп’ютарнай графічнай праграмы *Power Point* выкладчык пры жаданні можа сам ствараць і паказваць навучэнцам на экране набор слайдаў з разнастайнымі схемамі, табліцамі, малюнкамі і фотаздымкамі з неабходным тэкстам. Таксама ёсць магчымасць дэманстраваць анімацыйныя фільмы, відэакліпы, слухаць мелодыі на занятках па беларускай мове. Прафесійна падрыхтаваная дэманстрацыя пэўнай інфармацыі ў навуцы, адукацыі, бізнесе, медыцыне, прамысловасці і іншых галінах чалавечай дзейнасці называецца прэзентацыяй [1, с. 196].

Перш чым уводзіць мультымедыйныя сродкі навучання ў адукацыйны працэс, выкладчыку неабходна ўсвядоміць педагагічную мэтазгоднасць ўжывання камп’ютарнай тэхнікі на занятках: што ў выніку гэта дасць навучэнцам і самому педагогу-карыстальніку. Але бяспрэчна і тое, што без папярэдне прадуманай паслядоўнасці слайдаў прэзентацыя атрымаецца няўдалай.

Зразумела і тое, што камп’ютар ніколі не заменіць выкладчыка, ён толькі дапаможа зрабіць яго працу больш эфектыўнай. Па-першае, педагог на медыязанятках часцей за ўсё выступае ў якасці кансультанта, а гэта значыць, ён можа адводзіць на індывідуальную работу са студэнтамі больш часу; па-другое, ёсць унікальная магчымасць зрабіць практычныя заняткі па роднай мове больш цікавымі, нагляднымі і дынамічнымі; па-трэцяе, навучэнцы за доўгі кароткі тэрмін лепш запамінаюць неабходны матэрыял, больш глыбока ўсведамляюць яго сутнасць.

### Спіс выкарыстанай літаратуры

1. Уваров, А.Ю. Новые информационные технологии и современная система образования / А.Ю. Уваров // Столичное образование сегодня. – Минск, 2010. – № 11. – С. 3 – 6.
2. Тлумачальны слоўнік беларускай мовы: у 5 т. / АН БССР, ін-т мовазнаўства імя Я. Коласа; пад аг. рэд. акад. К.К. Атраховіча (К. Крапівы). Мінск: БелСЭ, 1977 – 1984. Т. 1 – 5.
3. Жуковіч, М.В. Сучасныя адукацыйныя тэхналогіі на ўроках беларускай мовы і літаратуры. – Мінск, 2015. – С. 212– 216.
4. Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. – Москва, 2008. – 368 с.

**Abstract.** The article considers the role of multimedia materials, which dapamamagayut make lessons in the native language more interesting and dynamic.

УДК 378.14

**Матвеевко И.П.**, кандидат технических наук, доцент;

**Костикова Т.А.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ИЗУЧЕНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ PROTEUS**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы компьютерного моделирования схем управления, включающих микроконтроллеры AVR фирмы ATMEL в среде Proteus v8, с помощью которой можно виртуально изучить структуру и архитектуру микроконтроллера, и его функциональные возможности применительно к конкретным устройствам.

Наиболее эффективный способ развития агропромышленного комплекса – развитие информационных технологий, автоматизации и комплексной механизации, что требует подготовки инженерных кадров соответствующей квалификации.

В настоящее время возрастает роль автоматизации различных технологических процессов в АПК, которая, в первую очередь, основана на использовании микроконтроллеров различных типов. Применение микроконтроллеров в значительной мере способствует успешному решению сложных научно-технических задач, созданию новых видов машин и оборудования, разработке эффективных технологий и систем управления, совершенствованию процессов сбора и обработки информации.

Однако изучение работы реальных контроллеров и их отладка оказывается затратной задачей, так как недостаточно только написать программу в определенной среде, необходимо с помощью программатора «прошить» процессор, т.е. записать в него разработанную программу, подключить к выходу контроллера исполнительные устройства и только тогда наглядно увидеть результат своей работы.

Решить такую задачу проще стало возможным благодаря компьютерному моделированию.

В связи с этим возникает задача подготовки технических кадров именно на этой основе. Кроме того, использование современного программного обеспечения не требует значительных затрат, связанных с приобретением, размещением и обслуживанием сложного лабораторного и измерительного оборудования.

В работе используются микроконтроллеры AVR фирмы Atmel, которые представляют собой современные высокопроизводительные и экономичные встраиваемые контроллеры многоцелевого назначения [1].

Микроконтроллеры Atmel являются идеальным выбором для изучения функциональных возможностей программируемых контроллеров. Микроконтроллер ATtiny2313, используемый в данной работе, представляет собой низкопотребляющий 8 битный КМОП микроконтроллер с AVR RISC архитектурой. Выполняя команды за один цикл, ATtiny2313 достигает высокой производительности, что позволяет оптимизировать отношение потребления к производительности.

В данной работе, в качестве примера, приводится проект схемы для управления работой насоса и визуализации режимов и параметров его работы. Устройство обеспечивает заданное время работы и простоя насоса. Значения этих времен устанавливаются двумя кнопками и сохраняются в энергонезависимой памяти. Также устройство приостанавливает работу в результате переполнения резервуара по сигналу датчика уровня, который имитируется кнопкой.

На индикаторе должны отображаться режимы работы: Р-рабочий, П-простоя, У-установки, FULL-переполнение, а также время нахождения насоса в каждом из режимов. Это время устанавливается программно.

Для создания проекта необходимо открыть предварительно установленную программу Proteus v8, которая представляет собой симулятор принципиальных электронных схем. С его помощью можно создать и проверить работу спроектированной схемы с микроконтроллером. То есть можно заранее, виртуально, просмотреть результаты выполненной работы и увидеть возможные ошибки до реализации проекта на физическом устройстве. После установки программы необходимо собрать виртуальную электронную схему, выбрав элементы, и разместить их на выделенном пространстве [2].

Используем микроконтроллер фирмы ATMEL, выбираем тип микроконтроллера ATtiny2313, к выходам которого подключается (рисунок 1) дешифратор - микросхема 74145, которая декодирует стандартный 4-разрядный двоичный код в десятичные числа от 0 до 9, таким образом, управляя устройством отображения (7-сегментный индикатор).

Система моделирования Proteus имеет в библиотеке широкий набор различных, в том числе, 7-сегментных индикаторов, которые в интерактивном режиме формируют программно управляемое изображение. В нашем случае используем 6-ти разрядный 7-сегментный индикатор 7 SEG-MPX6-CC. В рабочем режиме и в режиме установки, значения времен отображаются на 6-и семисегментных индикаторах (режим.минуты.секунды).

Дополнительно размещаем кнопки, подтягивающие резисторы и сигнальный светодиод.

Далее проверяем работу собранной схемы в соответствии с написанной программой.

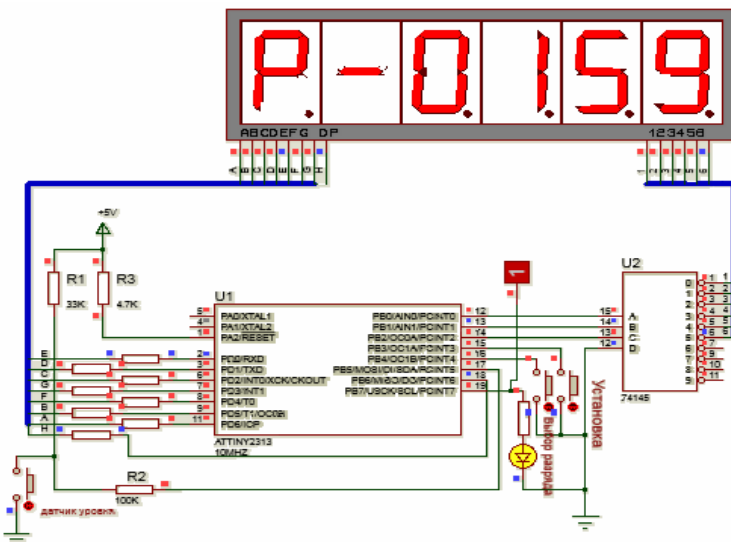


Рисунок 1 - Схема управления режимами и параметрами работы насоса на основе микроконтроллера ATtiny2313.

Проводится компиляция программы и затем возможна либо прошивка реального микроконтроллера, либо симуляции работы микроконтроллера в программе Proteus.

Таким образом, создавая программу и исследуя выполнение команд программы, можно виртуально изучить структуру и архитектуру микроконтроллера, и его функциональные возможности.

Изучение микроконтроллеров AVR в программе Proteus v8 позволяет без использования реального устройства виртуально изучить структуру и архитектуру микроконтроллера, основы системы программирования, и в дальнейшем использовать эти знания для понимания и разработки автоматизированных систем управления и диагностики технического состояния устройств, что является важным показателем высокой квалификации технических специалистов АПК.

### Список использованной литературы

1. Матвеевко, И.П. Методика изучения микроконтроллеров AVR. / И.П. Матвеевко – «Информатизация образования», № 2. – 2013.– С.86-95.

2. Джон Мортон. Микроконтроллеры AVR. Вводный курс / Джон Мортон – М.: Издательский дом Додэка-XXI, 2006. – 272 с.

**Abstract.** The article deals with the issues of computer simulation control schemes, including AVR microcontrollers from ATMEL into environment Proteus v8, with which you can virtually explore the structure and architecture of microcontroller and its functional opportunities for specific devices.

УДК 378.147

**Мисуно О.И.**, кандидат технических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕХАНИКА МАТЕРИАЛОВ»**

***Аннотация.** С изучения механики материалов начинается общеинженерная подготовка будущего специалиста в техническом вузе. Поэтому ее глубокое усвоение студентом является важнейшим условием для формирования будущего специалиста. Все это требует от преподавателя постоянно вести поиск новых методов и подходов для организации учебного процесса студентов по дисциплине «Механика материалов».*

Основная задача, стоящая перед преподавателями высших учебных заведений – всесторонне познакомить студентов с содержанием изучаемых дисциплин в соответствии с учебной программой и образовательными стандартами. При этом студенты должны иметь высокую мотивацию и относиться с высокой ответственностью к восприятию, пониманию при изучении учебного материала, приобретению навыков применения полученных знаний на практике.

Дисциплина «Механика материалов» является базой для изучения целого ряда общеинженерных и специальных дисциплин. При изучении механики материалов лекция является основой дисциплины, важ-

ным источником знаний и показывает основное направление учебной деятельности студентов по изучаемой теме, модулю, да и по предмету в целом. Практические и лабораторные занятия, самостоятельная подготовка студентов базируются на лекционном курсе.

Преподаватель на лекции раскрывает только наиболее важные, фундаментальные, устоявшиеся знания. К каждой новой лекции студенту также необходимо готовиться – просмотреть по конспекту материал предыдущей лекции. Самое важное, а часто и самое сложное для студента в начале лекции сосредоточить свое внимание, пытаться понять то, о чем говорит преподаватель. Чем внимательнее слушают обучаемые, тем в большей степени они осознанно запоминают материал. Отвлечение внимания не только ухудшает память, но и разрывает цепочку логического восприятия.

Предлагаемые в механике материалов методики расчетов на прочность, жесткость, устойчивость начинаются с выбора расчетной модели (реальный объект, схематизированный и освобожденный от несущественных факторов), которая в основном, представляет реальный элемент конструкции. Слушая лекцию, изучая и дополняя свой конспект при работе с учебной литературой студенту необходимо четко представлять, какая расчетная модель выбрана в качестве основной для вывода закона, расчетных формул, какими реальными физическими, геометрическими свойствами она обладает.

Существенную помощь в концентрации внимания и запоминании оказывает ведение конспекта. Запись основного содержания лекции дает возможность сосредоточиться и поддерживать на высоком уровне внимание и работоспособность. Записывать необходимо кратко, сокращая слова, но в, то, же время записи должны быть легко читаемыми, чтобы им удобно было пользоваться. Работа на лекции – это активная мыслительная деятельность, которая включает слуховое восприятие, понимание, осмысление и преобразование предоставляемой лектором информации в форму краткой записи. Конспект лекций не может заменить учебник по механике материалов и используется студентами лишь как опора, облегчающая самостоятельную работу по учебному пособию. Каждая лекция должна прорабатываться по различным учебным пособиям с дополнением лекционного конспекта. Только в этом случае можно получить всестороннюю и глубокую подготовку по механике материалов.

Новые технологии с использованием мультимедийных средств непрерывно развиваются и внедряются в учебный процесс. Почти во всех сферах жизни готовятся и проводятся специальные презентации материала на экране, в том числе такие методы все чаще применяются и в учебном процессе.

При обучении по механике материалов компьютерные презентации дают эффект при чтении вводной и завершающей лекций модуля, когда можно показать фотографии реальных конструкций, условий нагружения и работы, обобщить изученный материал.

Другие темы и разделы дисциплины студенты воспринимают лучше, когда лектор представляет новый материал с выполнением расчетных схем, последовательной записью формул и соотношений на доске при выводе законов и основополагающих теоретических положений. При этом параллельно даются комментарии выполняемым действиям. В этом случае студенты эффективно работают в темпе лектора, не отставая и ничего не пропуская.

Закрепление полученных на лекциях знаний, развитие способностей к самостоятельному мышлению, творческой работе, системному анализу процессов нагружения, деформации элементов конструкций достигается на практических занятиях. Решая задачи различной сложности, студенты закрепляют и углубляют знания, развивают умения и навыки применения их к расчету простейших элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

При решении задач необходимо придерживаться определенной последовательности, анализа промежуточных и окончательных результатов расчетов. Решение любой задачи начинается с анализа ее условия, записи формулы, позволяющей дать ответ на поставленный в задаче вопрос. При этом желательно, чтобы формула включала как можно больше исходных данных.

После получения численного решения задачи, как правило, следует анализ результатов, включая проверку решения. Анализ решения, полученного в общем виде, позволяет получить дополнительную информацию по влиянию конструктивных размеров, механических свойств на определяемую величину. Это развивает критическое мышление, приучает к реальной оценке полученных числовых результатов. Практические занятия требуют от студента высокой активности и самостоятельности в работе. Пассивная запись решения с доски не вырабатывает необходимого навыка в решении задач.

Механика материалов принадлежит к прикладным наукам, изучение которых невозможно без систематического решения задач, способствующих пониманию и закреплению теоретического материала. Неправильный расчет на прочность, жесткость и устойчивость самого незначительного, на первый взгляд, элемента конструкции может повлечь за собой очень тяжелые последствия – привести к разрушению конструкции в целом. При проведении подобных расчетов необходимо стремиться к сочетанию надежности работы конструкции с ее экономичностью, добиваться требуемой прочности, жесткости и устойчивости при наименьшем расходе материала (наименьшей стоимости).

Теоретический курс механики материалов опирается на экспериментальные исследования механических свойств материалов, а также вывод ряд теоретических положений, законов формулируются на основании экспериментальных данных.

Многие механические и физические характеристики материалов в различных условиях нагружения, необходимые для проведения расчетов на прочность, жесткость и устойчивость элементов конструкций, также определяются только экспериментально. В этой связи, лабораторные занятия – неотъемлемая и важная составляющая в процессе изучения студентами курса механики материалов. Выполнение лабораторных работ позволяет глубже раскрывать сущность изучаемых явлений, давать прочные фактические знания, развивать у студентов способность анализировать и обосновывать полученные результаты, соответствующими теоретическими положениями и предусматривает практическое знакомство с принципами действия, устройством и тарировкой измерительных приборов и испытательных машин, с методикой проведения экспериментов и обработкой результатов опытов. Эффективное выполнение лабораторной работы требует предварительной подготовки студента к ее проведению, которая заключается в основательном изучении по лекциям и учебникам теоретического материала, методических указаний к предстоящей работе. Для проведения лабораторных работ на кафедре «Механика материалов и детали машин» БГАТУ разработаны и изданы лабораторные практикумы как для использования реальных, так и виртуальных лабораторных установок.

Перед проведением лабораторной работы преподаватель проверяет у студентов качество их подготовки путем устного или пись-

менного опроса по сущности цели работы, порядку проведения, теоретическому обоснованию предстоящих экспериментов, контрольным вопросам. По каждой лабораторной работе студенты составляют индивидуальные отчеты по принятой форме, включающие следующие пункты: название и цель работы; краткое теоретическое обоснование и расчетные формулы содержащие ответы на контрольные вопросы, поставленные по теме лабораторной работы; принципиальная схема установки, таблицы для опытных и расчетных величин; результаты экспериментов и обработка опытных данных; сопоставление значений опытных величин с теоретическими и справочными данными; анализ и объяснение возможных отклонений; выводы.

Защита лабораторных работ производится студентами по каждой работе в отдельности в часы консультации преподавателя группы. При защите лабораторной работы студент должен показать знание цели работы, соответствующего раздела теории, порядка выполнения работы, методики проводившихся опытов, уметь подробно описывать технику эксперимента и обработку его результатов, грамотно провести анализ полученных результатов и сделать выводы.

Значительную часть сведений, необходимых для изучения механики материалов студент должен находить самостоятельно. Для этого следует использовать учебники, учебно-методические пособия, прежде всего, рекомендованные учебной программой.

Организация самостоятельной работы – одна из важнейших проблем, которая стоит перед студентом, приступающим к изучению механики материалов. Эффективность ее зависит от множества факторов, организационного и личностного плана.

Самостоятельная работа студентов по механике материалов разделяется на следующие виды:

- самостоятельную работу под управлением преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов;
- самостоятельную работу в запланированное время основных аудиторных занятий, вместо лекций, лабораторных и практических работ под управлением преподавателя;
- внеаудиторную самостоятельную работу над выполнением студентами индивидуальных домашних заданий по учебной дисциплине и научно-исследовательских заданий творческого характера.

Разделение перечисленных видов работ достаточно условно, и в образовательном процессе эти виды пересекаются один с другим.

Организация самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя является одним из наиболее эффективных направлений при изучении механики материалов, развивающим самостоятельную творческую деятельность, исключительно сильно стимулирующую приобретение и закрепление знаний.

Управляемая самостоятельная работа студентов по механике материалов составляет около 20 % от числа часов, отводимых на изучение дисциплины. Содержание описывается в учебной программе дисциплины и направлено на расширение и углубление знаний по данному курсу, и на усвоение межпредметных связей. Время на ее выполнение не превышает нормы, отведенной учебным планом на самостоятельную работу.

В настоящее время аудиторные занятия по изучению механики материалов у студентов очной формы обучения занимают значительную часть времени ( $\approx 60\%$ ), отведенного на изучение дисциплины. В дальнейшем в связи с уменьшением сроков обучения в вузах доля аудиторных занятий в общем объеме затрат времени на изучение механики материалов будет сокращаться. Потому уже сегодня следует ориентировать студентов в большей мере на самостоятельную работу при изучении дисциплины.

Формирование внутренней потребности к самообучению становится и требованием времени, и условием реализации личностного потенциала. Центр тяжести в преподавании постепенно перемещается от функции передачи знаний к управлению познавательной деятельностью студентов, что определяет значительную роль самостоятельной работы в этом процессе.

Быстрое развитие науки и техники и вызванные этим изменения в содержании творчества инженера требуют от него не только правильного и полного усвоения научно-технических знаний, но и умения найти и осмыслить научно-техническую информацию. Только тогда инженер сможет быть в курсе всех современных достижений в его профессиональной области и при необходимости адаптировать их для нужд отечественного производства.

**Abstract.** General engineering training of future expert in technical college begins with studying of mechanics of materials. Therefore her deep assimilation by the student is the major condition for formation of future expert. All this demands from the teacher to conduct constantly search of new methods and approaches for organization of educational process of students for discipline «Mechanics of materials».

УДК 378.147:547

**Нехайчик А.А.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРЕЗЕНТАЦИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ КАК ТВОРЧЕСКАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ**

***Аннотация.** Использование мультимедийных презентаций на лекционных занятиях на специальные темы. Творческая работа студентов, показывающих таким образом, знания, накопленные за период обучения по дисциплине.*

В последние годы электронные средства обучения все прочнее входят в образовательный процесс, тем самым создавая новые возможности его организации. Это связано с обеспечением качества образования, компетентностным подходом, создания условий для развития творческих способностей студентов, вовлечение их в различные виды социально значимой деятельности. Одной из причин такого положения является широкое применение в образовательном процессе учебных заведений электронных дидактических средств в аспекте процесса медиаобразования студентов.

Современная дидактика определяет содержание медиаобразования, интегрированное с базовым образованием, следующими составляющими элементами:

- обучение восприятию и переработке информации, передаваемой по каналам средств массовой информации (СМИ);

- развитие критического мышления, умения понимать скрытый смысл того или иного сообщения, противостоять манипулированию сознанием индивида со стороны СМИ;

- включение внешкольной информации в контекст общего, базового образования, в систему формируемых знаний и умений;

- формирование умений находить, преобразовывать, передавать и принимать необходимую информацию, в том числе и с использованием различного технического инструментария (компьютеры, модемы, факсы, мультимедиа и т.д.) [1].

Использование мультимедийных презентаций на лекционных занятиях, посвященных специальным вопросам, с привлечением студентов на кафедре химии Белорусского государственного технического университета стало традицией. Такой способ подачи учебного материала имеет ряд преимуществ:

- обеспечивает наглядность, которая способствует комплексному восприятию и лучшему запоминанию материала;

- позволяет использовать стоп-кадр, во время которого происходит комментарий демонстрируемого слайда или его обсуждение;

- повторное при необходимости возвращение к слайду и возможная коррекция показываемого материала на слайде;

- синхронный комментарий преподавателя по предъявляемой студентом информации;

- в применении к химии мультимедийная презентация может облегчить демонстрацию химических объектов и явлений с помощью фотографий, рисунков, графиков, диаграмм и т.д.;

- с использованием анимации и вставок видеофрагментов возможна демонстрация динамичных процессов: химических реакций, явлений, факторов и т.д.

При этом достигается масштабное наглядное представление учебной информации, максимально реализуются дидактические возможности иллюстративного материала.

При разработке мультимедийной презентации студенты соблюдают следующие требования:

- соответствие материала презентации содержанию изучаемой темы;

- доступность материала для понимания другими студентами;

- эффективность конструирования слайдов, определяющаяся воспроизведением на одном слайде объема информации, развивающегося в процессе демонстрации презентации;

- структурированность в логике и этапной последовательности изучение нового материала;
- соответствующий, красочный, звуковой и впечатляющий уровень оформления слайдов;
- обозримость, хорошие условия восприятия, читаемость текста и графического материала слайдов;
- оптимально необходимое включение в презентацию слайдов, несущих дополнительный материал, вызывающий интерес студентов к изучаемому материалу;
- умеренное применение анимации и мультимедийных эффектов;
- презентации не должны содержать большое количество слайдов.

При этом достигается масштабное наглядное представление учебной информации, максимально реализуются дидактические возможности иллюстративного материала.

Из основных видов презентаций на таких лекционных занятиях в основном показывается слайд-шоу, т.е. презентация, в которой почти полностью отсутствует текст, но образно акцентированы объекты, явления и процессы, представляемые по данной теме. Результатом выполнения таких творческих заданий является представление учебного материала, который может быть рассмотрен как итог работы студента по изучению дисциплины, а также как обобщение некоторого материала, рассмотренного по определенной тематике. В период разработки презентаций особое внимание обращалось на необходимость адаптации отобранного материала в сети Интернет, а также последним научным представлениям в данной области.

Студенты, участвующие таким образом в подаче учебного материала, имеют дополнительные поощрительные баллы к среднему баллу, который они имеют по дисциплине.

#### Список использованной литературы

1. Хуторской, А.В. Современная дидактика: учебник для вузов/А.В. Хуторской. – СПб.: Питер, 2001. – 544 с.

**Abstract.** The use multimedia presentations in lecture classes on special topics are considered.

УДК 81:37.01

**Платоненка А.В.**, выкладчык;  
**Мантур А.Я.**, старшы выкладчык

*УА «Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт,  
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь»*

## **ТЭСЦІРАВАННЕ ЯК СРОДАК ЭКСПРЭС-КАНТРОЛЮ ВЕДАЎ**

***Анотацыя.** У дадзеным артыкуле разглядаецца роля тэсціравання ў практыцы навучання студэнтаў вышэйшай адукацыі.*

Сучасны адукацыйны працэс наладжваецца на аснове выкарыстання разнастайных сродкаў кантролю, якія дазваляюць ажыццяўляць адваротную сувязь пры навучанні. Разнастайныя спосабы дыягнастычнай дзейнасці даюць магчымасць выявіць недахопы ў засваенні тэарэтычнага матэрыялу, вызначыць ступень сфарміраванасці лінгвістычных, моўных і маўленчых уменняў і навыкаў студэнтаў і на аснове атрыманых вынікаў удасканаліць вучэбна-выхаваўчы працэс. Вялікая роля адводзіцца тэсціраванню, значэнне якога на сучасным этапе гуманізацыі і стандартызацыі вышэйшай адукацыі значна ўзрастае. Сапраўды, у апошнія гады тэст як адзін з найбольш аператыўных і зручных сродкаў кантролю прымяняецца дастаткова шырока для праверкі ўзроўню падрыхтаванасці студэнтаў па беларускай мове. Аднак цікавасць да гэтага сродку кантролю нельга патлумачыць толькі яго асноўнай функцыяй. Хоць тэсціраванне даўно ўвайшло ў практыку навучання ў ВНУ, варта адзначыць, што на сённяшні дзень распрацоўка, праектаванне, апрабацыя, укараненне тэстаў з'яўляецца да канца не вырашанай задачай. Паўстае шэраг пытанняў, на якія сёння няма адзначнага адказу. Адно з іх: тэст з дыдактычнага пункту гледжання форма, сродак ці метады? На думку тэсталагаў, каб пазбегнуць недакладнасці і супярэчлівасці, мэтазгодна разглядаць гэта паняцце ў вузкім і шырокім сэнсе слова. У вузкім разуменні тэст можна кваліфікаваць і як метады, і як сродак, і як форму кантролю, а ў шырокім – гэта сродак, таму што паняцце ахоплівае ўвесь інструментарый, што з'яўляецца сувязным звяном паміж мэтай і вынікам псіхалага-педагагічнай дзейнасці і аб'ядноўвае ў сабе разнастайныя метады, формы, прыёмы. Што да зместу паняцця “тэст”, то большасць вучоных пагаджаецца з думкай, паводле якой у склад паняцця павінна ўваходзіць як мінімум тры ўзаемзвязаныя кампа-

ненты: 1) сістэма заданняў, 2) дакументальна зафіксаваная тэхналогія падачы матэрыялу, 3) адпрацаваная сістэма праверкі, апрацоўкі і аналізу вынікаў.

Паводле этапаў навучальнага працэсу адрозніваюць уваходны (пачатковы, уступны), прамежкавы і выходны (заклучны) тэсты, а паводле зместу матэрыялу – тэматычны (па асобных тэмах ці раздзелах) і выніковы (па ўсёй вучэбнай праграме курса). Уваходнае тэсціраванне дазваляе вызначыць узровень ведаў студэнта на пачатковым этапе навучання. Менавіта такія тэсты мэтазгодна выкарыстоўваюць у працэсе кантролю за самастойнай работай студэнтаў з мэтай дыягностыкі іх ведаў, уменняў і навыкаў. Звычайна для самастойнага вывучэння прапануецца невялікі аб’ём матэрыялу, таму кантроль за засваеннем ведаў і ўменняў на гэтым этапе навучання ажыццяўляецца на аснове тэставых заданняў, што ўсебакова ахопліваюць абмежаваную вобласць лінгвістычных ведаў. Дыягнастычны тэст дазваляе вызначыць цяжкасці ў засваенні новага матэрыялу, таму з мэтай далейшай каардынацыі працы студэнтаў ўвага засяроджваецца на найбольш распаўсюджаных моўных і маўленчых памылках і прабелах у засваенні тэарэтычнага матэрыялу. З прычыны таго, што дыягнастычныя тэсты з’яўляюцца навучальнымі, сістэма заданняў, прапанаваная ў іх, не вызначаецца павышняй ступенню цяжкасці, чаго нельга сказаць пра выніковыя тэсты, якія кваліфікуюцца як кантрольныя і накіраваны на праверку выходных ведаў, на вызначэнне ўзроўню валодання прадметам у канцы пэўнага курса. Асновай тэстаў з’яўляюцца тэставыя заданні. Традыцыйна ўсе яны падзяляюцца на заданні адкрытага і закрытага тыпу. Заданні адкрытага тыпу дазваляюць студэнту свабодна выкладаць свае думкі па сутнасці пытання або дапаўняць і пашыраць прапанаваныя фармулёўкі. Заданні закрытага тыпу ў практыцы навучання пададзены дастаткова шырока. У першую чаргу да іх адносяцца тыя, якія патрабуюць альтэрнатыўных адказаў (“так”, “не”). Такія заданні дастаткова лёгкія для студэнтаў, таму практыка іх выкарыстання не вызначаецца шырокім дыяпазінам. Гэта заданні на вызначэнне авільнасці/няправільнасці выказвання. Як паказвае практыка навучання, тэсціраванне шырока выкарыстоўваецца ў сістэме падрыхтоўкі студэнтаў і мае шэраг пераваг над іншымі сродкамі кантролю. Да іх варта аднесці нескладанасць арганізацыі і апэратыўнасць правядзення тэставага апытання, магчымасць за кароткі тэрмін выявіць ступень падрыхтаванасці студэнтаў.

Стандартизована задача задання, яка патрабує формалізації адказу, і наявності еталону адказу забезпечують об'єктивності оцінки і зручності виконання результату тестування, дають можливість кількісно оцінити якість веда. Разом з тим у якості неадеквату тестування можна назвати стандартизовану тестування, наявності у їх правильних і неправильних варіантах адказу, що не здійснює належної активності розумових процесів студента, не забезпечує можливість запам'ятовування неправильних тверджень і механічного виділення лічба і літар у тестових завданнях. Як адже з неадеквату тестування варто розглядати орієнтацію тестування на перевірку лінгвістичної і мовної компетенції, у той час як комунікативні веда, уміння і навички застосовують па-за увагою викладача, або ступень їх формірованості перевіряють тільки на уроці теорії тексту.

Таким чином, хоча тест і тривав замикається у практиці навчання студента, він, безумовно, пакуль що не може замінити такі засоби контролю, як екзамен, залік. Аднак систематичне використання тестування різних типів (у залежності ад етапу навчального процесу і місця вчального матеріалу) як засоби контролю і діяльності веда, уміння і навички студента підвищує ефективність навчання і здійснює ефективно вчально-виховного процесу.

**Abstract.** This article discusses the role of testing in practice teaching of higher education students.

УДК 531

**Пожидаев С.П.**, кандидат технических наук,  
старший научный сотрудник

*Национальный научный центр «Институт механизации и  
электрификации сельского хозяйства»,  
пос. Глеваха-1 Киевской области, Украина*

## **УТОЧНЕНИЕ ПОНЯТИЯ МОМЕНТА СИЛЫ В МЕХАНИКЕ**

**Аннотация.** Установлено, что единицей момента силы является Н·м/рад, а единицей кинематического передаточного числа, связывающего значения силы и момента силы, является м/рад. Показано, что понятие «плечо силы» не имеет отношения к определению момента силы.

Известно, что формулы размерности момента силы (крутящего момента) и энергии (или работы; слово «работа» иногда будем опускать) имеют один и тот же вид [1]:

$$L^2MT^{-2}, \quad (1)$$

где  $L$ ,  $M$ ,  $T$  – условные обозначения размерностей соответственно длины, массы и времени.

Но физический смысл величин «момент силы» и «энергия» принципиально различен, вследствие чего их формулы размерности ни в коем случае не должны совпадать. Наблюдающееся совпадение является признаком противоречия, существующего в механике, и, как следствие, в Международной системе единиц  $SI$ .

Положим, например, что крутящий момент, единицей которого является ньютон-метр (Н·м), поворачивает некоторое тело на угол, измеряемый в радианах. Умножая момент на угол, ожидаем получить значение выполненной моментом механической работы. Однако, получаем значение непонятной физической величины, единицей которой является Н·м·рад (или, что-то же, Дж·рад), а не ожидаемый джоуль. Поскольку понятия энергии и момента силы являются одними из основных в механике, то противоречие между ними нельзя оставлять без внимания. Полагая понятие энергии корректным, можно предположить, что причиной противоречия является несовершенство понятия момента силы. Первым обратил внимание на эту физическую величину Архимед [2, с. 21]. Интуитивно сформулированное им эмпирическое определение момента силы и сегодня воспринимается как не подлежащая обсуждению аксиома. Но оно – не аксиома, а всего лишь общепринятое соглашение. Если до открытия закона сохранения энергии понятие «момент силы» было самостоятельным, то после этого открытия оно должно было удовлетворять требованию непротиворечивости с более общим (по отношению к нему) законом сохранения энергии. Но при этом оказалось, что единица механической энергии (работы) такая же, как и единица момента силы, в современных терминах – ньютон-метр. Никому не пришло в голову, что это является признаком недопустимого явления – противоречия между Архимедовым понятием момента силы и законом сохранения энергии. Физики приняли совпадение единиц измерения за непонятную досадную мелочь и отмахнулись от неё, дав единице энергии и работы специальное

название «джоуль». Но противоречие от этого не исчезло и продолжало существовать.

**Целью работы** является разрешение противоречия между понятиями энергии (работы) и момента силы, проявляющееся в совпадении их формул размерности.

Корректное понятие момента силы должно базироваться не на субъективных умозаключениях исследователя, бывших единственно возможными во времена Архимеда, а на объективных законах и закономерностях механики. Опираясь на принцип возможных перемещений и самые общие физические и геометрические соображения, произведем следующие построения. Полагаем, что момент силы  $M_O$  должен обеспечивать возможность представления элементарной механической работы  $\delta W$ , выполняемой силой  $\vec{F}$  при повороте тела на некоторый угол  $\delta\alpha$ , в виде работы, выполняемой этим моментом:

$$M_O \delta\alpha = \delta W,$$

откуда:

$$M_O = \delta W / \delta\alpha. \quad (2)$$

Физический смысл момента силы, определяемого по соотношению (2) – это первая производная от механической работы по углу поворота тела. Она численно равна механической работе, которую могла бы выполнить сила при повороте тела в плоскости вращения на один радиан. Единица момента силы (2) – Н·м/рад, а не Н·м, предписываемый Международной системой единиц *SI*. Это является доказательством того, что, с позиций закона сохранения энергии, Архимедово определение момента силы и вытекающие из него положения системы единиц *SI* не являются корректными.

Положим далее, что на точку  $A$  тела, которое может вращаться вокруг точки  $O$ , действует сила  $\vec{F}$ , в результате чего точка  $A$  получает в направлении действия силы некоторое возможное прямолинейное перемещение  $\delta s$ , сопровождающееся поворотом тела на угол  $\delta\alpha$ . Согласно принципу возможных перемещений условие равновесия тела может быть записано в виде:

$$M_O \delta\alpha - F \delta s = 0, \quad (3)$$

где  $M_O$  – момент, который нужно приложить к телу, чтобы уравновесить действие силы  $\vec{F}$ ;  $F$  – модуль силы  $\vec{F}$ .

Из (3) вытекает соотношение, устанавливающее взаимосвязь между силой и моментом от нее в самом общем случае:

$$M_o = F(\delta s / \delta \alpha). \quad (4)$$

Физический смысл отношения  $\delta s / \delta \alpha$  – это кинематическое передаточное число между прямолинейным перемещением  $\delta s$  точки приложения силы (в направлении её действия) и угловым перемещением тела  $\delta \alpha$ , единицей этого числа являются м/рад.

Формула размерности момента силы (4) имеет вид:

$$L^2MT^{-2}1^{-1}, \quad (5)$$

где 1 – размерность угла; её также можно записывать в виде  $L^0$ .

Формула размерности (5) принципиально отличается от формулы размерности энергии (1): в ней присутствует ещё и размерность угла – единица (в минус первой степени). Следовательно, формулы размерности (1) и (5) не совпадают – противоречие между формулами размерностей энергии (работы) и момента силы в Международной системе единиц *SI* устранено.

Как уже указывалось, соотношение (4) характеризует взаимосвязь между силой и моментом от нее в самом общем случае. Предположим, например, что имеем произвольное идеальное устройство, преобразующее энергию вращательного движения в механическую работу поступательного движения или наоборот. Это может быть какое-то установленное на оси твердое тело, винтовой домкрат или пресс, реечная передача, лебедка, лебедка с полиспастом, колесо с эластичной шиной и тому подобное. Если известно значение кинематического передаточного числа  $\delta s / \delta \alpha$  такого устройства, то соотношение между крутящим моментом и силой на его входе и выходе может быть установлено с помощью выражения (4). В случае неидеального устройства необходимо будет учесть его коэффициент полезного действия.

Для уяснения различий между соотношением (4) и общепринятым расчетным соотношением для вычисления момента силы (произведение силы на её плечо) рассмотрим пример. К точке *A* абсолютно твердого тела, расположенной на расстоянии *b* от точки вращения *O*, приложена сила  $\vec{F}$  – рисунок 1. Поскольку тело является абсолютно твердым, то эпюра линейных перемещений точек линии *OA*, наблюдающихся при повороте тела на возможный элементар-

ный угол  $\delta\alpha$ , будет линейной (пунктир от точки  $O$  до конца вектора  $\delta A$ ). Благодаря этому являются справедливыми соотношения:

$$dA = b \cdot \operatorname{tg}(d\alpha) = \frac{h}{\cos\beta} \operatorname{tg}(d\alpha);$$

где  $h$  – расстояние от точки вращения  $O$  до линии действия силы  $\vec{F}$ , м.

С учетом того, что при бесконечно малых значениях угла  $\delta\alpha$  число  $\operatorname{tg}(\delta\alpha)$  практически равно углу  $\delta\alpha$ , кинематическое передаточное число равно, м/рад:

$$\frac{\delta s}{\delta\alpha} = h \cdot \frac{\operatorname{tg}(\delta\alpha)}{\delta\alpha} = h. \quad (6)$$

Из полученного соотношения вытекает, что, в случае абсолютно твердого тела, значение кинематического передаточного числа  $\delta s / \delta\alpha$  численно равно расстоянию  $h$  от центра вращения до линии действия силы, именно это обстоятельство на протяжении более чем двух тысячелетий создавало иллюзию о корректности Архимедова определения момента силы. Но единицей величины  $h$  в соотношении (6) есть м/рад, вследствие чего величину  $h$  нельзя считать плечом силы – ведь единицей плеча есть метр, а не м/рад.

Если момент, образованный силой  $\vec{F}$  относительно точки  $O$ , определять по принятым сегодня правилам (как произведение модуля силы на плечо  $h$ ) то результат численно будет правильным, но по физической сути – неправильным, так как его единицей будет Н·м, а не Н·м/рад.

Как пример, уточненное определение момента силы позволяет предельно просто разрешить противоречие, давно существующее в теории качения эластичного колеса. Оно заключается в том, что, исходя из значения подведенного к колесу крутящего момента, определение его (колеса) полной окружной силы можно производить двояко: опираясь на динамический радиус (Г.М. Кутьков, В.П. Тарасик и др.), или опираясь на радиус качения, взятый при

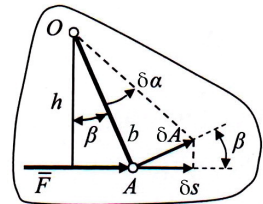


Рисунок 1 – К определению перемещению  $\delta s$  точки  $A$

отсутствии скольжения колеса (В.А. Петрушов, А.И. Гришкевич, ГОСТ 17697-72 и др.). Однако, эти радиусы могут различаться на (15-25) %, вследствие чего на столько же могут различаться и результаты расчетов полной окружной силы колеса.

Из соотношения (4) следует, что, если его применять для эластичного колеса, то вместо кинематического передаточного числа  $\delta s / \delta \alpha$  должен применяться тот и только тот радиус колеса, единицей которого является м/рад. Такую единицу имеет только радиус качения, следовательно, в теории качения должен применяться именно этот радиус, взятый, естественно, без учета буксования или скольжения.

#### Список использованной литературы

1. ГОСТ 8.417-81 ГСИ. Единицы физических величин. – М.: Госстандарт, 1982. – 18 с.
2. История механики с древнейших времен до конца XVIII века / Под общ. ред. А.Т. Григорьяна, И.Б. Погребыского. – М.: Наука, 1971. – 298 с.

**Abstract.** It is established that the unit of the force moment is N·m/rad, and the unit of the kinematic transfer ratio, which connects the values of force and torque, is m/rad. It is shown that the concept of "shoulder strength" has no relation to the determination of the moment of force.

УДК 378.012

**Смалянка Г.А.**, старшы выкладчык;

**Платоненка А.В.**, выкладчык

*УА «Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт»,  
г. Мінск, Рэспубліка Беларусь*

#### **САМАСТОЙНАЯ РАБОТА СТУДЭНТАЎ – АСНОВА ПАВЫШЭННЯ ЯКАСЦІ ПАДРЫХОТКІ СПЕЦЫЯЛІСТАЎ**

**Анотацыя.** У дадзеным артыкуле разглядаюцца тэхналогіі супрацоўніцтва выкладчыка і студэнта, аналізуюцца разнастайныя метады і прыёмы самастойнай работы, засяроджваецца ўвага на распрацоўцы студэнтам і выкладчыкам індывідуальных самаадукацыйных цыклаў.

На Беларусі ідзе актыўнае станаўленне новай сістэмы адукацыі, якая арыентавана на ўваходжанне ў сусветную адукацыйную прастору. Гэты працэс ахоплівае як агульнаадукацыйную, так і вышэйшую школу. Прапануецца іншы змест, іншы падыход, іншыя адносіны, іншыя паводзіны і г.д. Нязменным застаецца духоўнае выхаванне асобы, станаўленне маральнага вобліку чалавека.

Непасрэдная задача выкладчыка заключаецца ў тым, каб дазволіць маладой асобе ісці далей, удасканалвацца самастойна, развіваць свае творчыя здольнасці. Мова – гэта асноўны сродак зносін, які далучае чалавека да культуры, традыцый, ведаў. Навучанне любой мове можа адбывацца толькі праз зносіны. Важнымі з’яўляюцца заняткі на мове, а не аб мове. Навучыць гаварыць магчыма толькі гаворачы, слухаць – слухаючы, чытаць – чытаючы. Праз разнастайныя маўленчыя практыкаванні адбываецца паступовае накопленне значнага аб’ёму лексікі, спецыяльнай тэрміналогіі. Гэта павінна адбывацца як у аўдыторыі, так і замацоўвацца самастойна.

Працэс навучання як дзейнасць часцей характарызуецца адсутнасцю самастойнасці, слабой матывацыяй вучэбнай работы студэнта. Пры карыстанні аўтарытарнай тэхналогіяй, дзе выкладчык – адзіны суб’ект вучэбна-выхаваўчага працэсу, студэнт з’яўляецца толькі “аб’ектам”, “вінцікам”. Такія тэхналогіі вылучаюцца жорсткай арганізацыяй, падаўленнем ініцыятывы, а значыць і самастойнасці. Супрацьлеглымі з’яўляюцца тэхналогіі супрацоўніцтва, дзе выкладчык і студэнт сумесна выпрацоўваюць мэты, змест, даюць ацэнкі, знаходзяцца ў стане супрацоўніцтва.

Выдзяляюць пэўную частку матэрыялу, змест якога студэнты павінны засвоіць, выкладчык абдумвае, канкрэтна менавіта якая арганізацыя работы студэнтаў адпавядае гэтаму матэрыялу. Асноўная мэта першапачатковага этапу – падрыхтаваць студэнтаў да самастойнага выканання неабходнай работы і адразу яе арганізаваць. Напрыклад, прапанаваць кароткія самастойныя запісы-канспекты матэрыялу і спосабаў работы з ім. Гэта дазволіць без папярэдняга завучвання прыступаць да самастойнай работы з новымі заданнямі: выкананне тэстаў, работа з тэкстам, рашэнне задач і інш. Самастойная работа можа быць арганізавана і з дапамогай дыдактычнага матэрыялу. Можна прапанаваць разнастайныя варыянты: выканай з дапамогай таварыша, выканай самастойна і г.д. Наступны занятак можа быць у форме ўзаемаправеркі, работы групамі, у парах і інш. Кожны студэнт павінен мець магчымасць выступіць па ўсіх тэрэтычных пытаннях.

Заўсёды апраўдае самастойны падбор матэрыялаў і падрыхтоўка на іх аснове разгорнутых рэфератаў на тэмы, прапанаваныя выкладчыкам. Распрацоўка студэнтам і выкладчыкам індыўідуальных самаадукацыйных цыклаў, якія арыентаваны на спецыялізацыю студэнта ў пэўнай галіне ведаў. Самастойная падрыхтоўка студэнтам рэфератаў і выступленняў у сферы сваёй спецыялізацыі (аналіз навуковых тэкстаў, ужыванне спецыяльнай тэрміналогіі і інш.). У гуманітарным цыкле дысцыплін засяроджваецца ўвага на самастойнай рабоце над стылістыкай і выразнасцю пісьмовай мовы (акрамя напісання артыкулаў, водгукаў, справаздач, можна прапанаваць складанне тэрміналагічнага слоўніка ў межах пэўнай тэмы, аналіз старажытных тэкстаў, працу з пісьмовымі помнікамі і інш.). Пры гэтым прапануецца самастойная ацэнка выступленняў адзін аднаго па розных крытэрыях: змястоўнасць, дакладнасць, нават артыстычнасць.

Усё жыццё чалавека – гэта развіццё яго незалежнасці, а значыць і самастойнасці. Ёсць у педагогіцы вядомы дэвіз: дапамажы мне гэта зрабіць самому. Важна не толькі навучаць, але і ствараць умовы для самастойнага развіцця і засваення чалавечай культуры. Філолаг павінен развіваць уменне студэнта выражаць сябе ў пісьмовым і вусным слове, ствараць умовы для выхавання самастойных і высокаадукаваных людзей, здольных як да фізічнай, так і да разумовай працы.

**Abstract.** Cooperation technologies between a student and a teacher are considered in this article. Various methods and techniques of self-study are analyzed. Special attention is paid to individual self-educational for students.

УДК 378.316.3

**Тупик А.В.,** старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

*Аннотация.* Изучены дидактические особенности информационно-коммуникационных технологий. Обосновано использование

*информационно-коммуникационных технологий, в том числе и электронного учебно-методического комплекса, как средства обучения и управления образовательным процессом. Отобраны информационно-коммуникационные технологии для обучения студентов технических УВО иностранному языку.*

Подготовка студентов технических УВО в контексте учебной дисциплины «Иностранный язык» предполагает учет специфики будущей деятельности, заключающейся в многообразии его ролевого поведения, которое определяется профессионально значимыми коммуникативными ситуациями. Современная концепция языкового образования выдвигает новые требования к профессиональной подготовке выпускника в неязыковом УВО. Сложность обучения в неязыковых УВО заключается в профессиональной направленности обучения иностранному языку (ИЯ) и малом количестве аудиторных часов, отводимом на изучение данной учебной дисциплины. При этом конкурентоспособность современного специалиста определяется не только его высокой профильной квалификацией, но и готовностью решать задачи в условиях межкультурной иноязычной коммуникации. Кроме того, такой специалист должен систематически повышать уровень своей профессиональной компетенции и быть способным осуществлять устную профессионально ориентированную коммуникацию на ИЯ. Поэтому главной задачей обучения ИЯ в неязыковом УВО является формирование иноязычной коммуникативной компетенции будущего специалиста, позволяющей использовать ИЯ как средство межкультурной профессионально ориентированной коммуникации. Для успешного развития у современных студентов

умений такой коммуникации необходимо использование инновационных образовательных технологий, в том числе и информационно-коммуникационных.

В последнее время информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) оказываются одной из основ современного общества и неотъемлемой частью образования. Разработкой и внедрением в учебный процесс ИКТ активно занимались Е.С. Полат, Е.И. Дмитриева, С.В. Новиков, Т.А. Полилова, Л.И. Цветкова и др. Роль ИКТ в обучении ИЯ становится все более значимой. Традиционный учебник, являвшийся основным средством обучения в течение многих десятилетий, уступает место электронному. Учеб-

ный материал можно постоянно обновлять, используя при этом различные виды наглядности, что является дополнительным мотивационным фактором для обучающихся. За последние годы появилось много работ, где рассматривались вопросы развития видов речевой деятельности, формирования аспектов языка, а также социокультурной и межкультурной компетенций посредством аутентичных и учебных Интернет-ресурсов, блог- и вики-технологий и др. С помощью отдельных ИКТ, таких как интерактивные постеры, карты знаний, подкасты, комиксы и др., можно достаточно успешно развивать те или иные умения у студентов. Использование ИКТ в обучении ИЯ представляется нам как одно из средств развития у студентов-агров умений профессионально ориентированной коммуникации.

Использование ИКТ в образовательном процессе дает дополнительные дидактические возможности в обучении ИЯ, позволяет повысить качество усвоения языкового и речевого иноязычного материала, экономит время, как преподавателя, так и студента, позволяет студенту работать в своем темпе, а преподавателю дифференцировано и индивидуально, дает возможность оперативно проконтролировать и оценить результаты обучения, обеспечивает обратную связь преподавателя и студента, а также служит средством управления образовательным процессом. ИКТ обеспечивают максимальную индивидуализацию и дифференциацию образовательного процесса, что способствует развитию у студентов учебно-познавательных умений для самостоятельного овладения ИЯ.

Обучающие программные средства (мультимедийные обучающие курсы; тренировочные, контролирующие, комплексные программы; электронные учебно-методические комплексы (ЭУМК)) призваны обеспечить необходимый уровень усвоения материала с целью формирования коммуникативной компетенции студентов. Программные средства-тренажеры (электронные приложения к словарям, грамматическим справочникам, учебно-методическим комплексам; автономные средства-тренажеры) позволяют обеспечить формирование речевой и языковой компетенций. Демонстрационные программные средства (PowerPoint, Word, Prezi и др.) способствуют формированию социокультурной компетенции посредством наглядного представления учебного иноязычного материала, визуализации изучаемого материала. Коммуникацион-

ные/социальные системы для общения, информационно-поисковые (мультимедийные порталы) и информационно-справочные (онлайн энциклопедии, словари, корпуса текстов) программные средства используются для формирования учебно-познавательной компетенции. В частности, делают возможным развивать умения работы с информацией; познакомить обучающихся с разнообразными способами изложения материала и наглядного оформления мыслей; научить находить информацию в различных источниках; пользоваться автоматизированными системами поиска; выделять в информации главное и второстепенное, упорядочивать, систематизировать, обобщать; развивать критическое мышление обучающихся; развивать умения самообразования; создавать собственные информационные продукты, и др.

Дидактическими возможностями ИКТ в обучении студентов первого курса агротехнического УВО профессионально ориентированной коммуникации является: формирование речевой, языковой, социокультурной, учебно-познавательной, коммуникативной компетенций; управление учебно-познавательным процессом за счет разнообразия функциональных типов информационных ресурсов, многоуровневости образовательных ресурсов, гипермедийной наглядности, гиперактивной структуры, максимальной индивидуализация, интерактивности и др.

При обучении студентов технических УВО профессионально ориентированной коммуникации на ИЯ нам видится возможным использование ИКТ как средства обучения и как средства управления процессом обучения,

- создающих систему перекрестных ссылок в текстовых массивах информации (гипертекст);
- позволяющих записывать и передавать аудио файлы (а именно: подкасты (acapela, voki);
- позволяющих разрабатывать и передавать учебные аудио и видеоматериалы (glogster);
- позволяющих разрабатывать учебные материалы (интерактивные постеры, картинки, карты, графические организаторы (mind maps, tagul.com, и др.));
- позволяющих создавать дидактические комиксы (toondoo.com);
- позволяющих подготовить презентацию и доклад на конфе-

ренцию (мультимедийные презентации (prezi.com));

- предоставляющих возможность участвовать в аудио и видео конференции (Skype);
- предоставляющих возможность мультимедийного сопровождения занятия (ЭУМК) и компьютерного тестирования (Moodle).

Отобранные ИКТ как средство обучения студентов технических УВО профессионально ориентированной коммуникации на ИЯ, позволят более эффективно развивать речевые умения устной речи студентов технических УВО в коммуникативных ситуациях, связанных с их будущей профессиональной деятельностью. В целях обеспечения системной подачи учебного материала и эффективного управления процессом обучения следует использовать ЭУМК, благодаря которому у студентов появляется возможность выбора последовательности работы; объема, уровня сложности и посильности упражнений и заданий; темпа, места и времени их выполнения, не нарушая при этом логики усвоения учебного материала.

Таким образом, ИКТ рассматриваются, как средство обучения студентов технических УВО профессионально ориентированной коммуникации на ИЯ, которое позволяет более эффективно развивать речевые умения устной речи у студентов технических УВО в коммуникативных ситуациях, связанных с их будущей профессиональной деятельностью. В целях обеспечения системной и последовательной подачи учебного материала на электронных носителях и эффективного управления процессом обучения, необходимо использовать подкасты, дидактические комиксы, интерактивные постеры, «облака слов», графические организаторы в ЭУМК, а также систему Интернет-телефонии (Skype) и программу для записи видео (Screencast-O-Matic).

#### Список использованной литературы

1. Барыбин, А.В. Информационные технологии профессионально-ориентированного обучения иностранному языку студентов технических специальностей : на материале английского языка : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / А.В. Барыбин. – М., 2005. – 177 с.
2. Есенина, Н.Е. Использование комплекса средств информационных и коммуникационных технологий в процессе обучения профессионально ориентированному иностранному языку в вузе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Н.Е. Есенина. – М., 2006. – 216 с.

3. Le numérique pour l'apprentissage des langues. – Mode d'accès : <http://www.ciep.fr/sites/default/files/atoms/files/focus-numerique-pour-apprentissage-des-langues.pdf>. – Ed. CIEP, Crid, 2016. – Date d'accès : 19.04.2018.

4. Catroux, M. Perspective co-actionnelle et TICE : quelles convergences pour l'enseignement de la langue de spécialité ? Journées d'Étude de l'EA 2025 / M. Catroux. – Mode d'accès : <http://www.langues-vivantes.u-bordeaux2.fr/frsa/pdf/CATROUX.pdf>. – IUT Bordeaux I, Université de Bordeaux : 2006. – Date d'accès : 02.05.2018.

**Abstract.** Didactic features of information communicative technologies are studied. The use of information communicative technologies is grounded. It includes electronic methodical complex as means of teaching and educational process management. Information communicative technologies for teaching students of technical higher educational institutions are defined.

УДК 378.147

**Черновец Т.Е.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АПК**

***Аннотация.** В данной работе рассматривается технология телекоммуникационных проектов как одна из важнейших современных инновационных технологий, применяемых в современном агротехническом образовании. Анализируется специфика телекоммуникационных проектов и потенциальные возможности их использования в практике подготовки будущих специалистов для АПК.*

Современное общество требует подготовки будущих специалистов АПК к использованию инновационных технологий в своей профессиональной деятельности. Особую актуальность в настоящее время приобрело использование средств телекоммуникацион-

ных технологий, включающих электронную почту, электронную доску объявлений, телеконференции, удаленные базы данных, аудио- и видеоконференции.

Технология телекоммуникационных проектов является средством активизации мыслительной деятельности обучаемых, обеспечивающей повышение мотивации образовательного процесса, развитие творческой инициативы и самостоятельности студентов в обучении и способствующей осуществлению непосредственной связи между приобретением знаний и использованием их в решении практических задач [2, с.5].

Под телекоммуникационным проектом понимается совместная учебно-познавательную деятельность, творческая или игровая активность студентов-партнеров, организованная на основе компьютерных телекоммуникаций, имеющая общую цель, согласованные методы, способы деятельности и направленную на достижение общего результата деятельности.

Специфика телекоммуникационных проектов заключается в том, что по самой своей сути они всегда межпредметны. Решение проблемы, заложенной в любом проекте, всегда требует привлечения интегрированного знания, по крайней мере, из информатики и какой-либо другой дисциплины. Тематика и содержание телекоммуникационных проектов должны быть такими, чтобы для их выполнения требовалось привлечение свойств компьютерной телекоммуникации [2, с.5].

В ходе выполнения телекоммуникационных проектов предусматривается систематическое, разовое или длительное наблюдение за тем или иным природным, физическим, социальным явлением, требующие сбора данных в разных регионах для решения поставленной проблемы; сравнительное изучение, исследование того или иного явления, факта, события, происшедшего или имеющего место в различных местностях для выявления определенной тенденции или принятия решения, разработки предложений; сравнительное изучение эффективности использования одного и того же или разных (альтернативных) способов решения одной проблемы, одной задачи для выявления наиболее эффективного, приемлемого для любых ситуаций, решения.

При использовании технологии телекоммуникационных проектов необходимо обратить внимание на тот момент, что их организация требует специальной и достаточно тщательной подготовки

как преподавателей, так и обучающихся.

Так, от преподавателя требуется умение увидеть и отобразить наиболее интересные и практически значимые темы проектов; владение всем арсеналом исследовательских, поисковых методов, умение организовать исследовательскую самостоятельную работу обучаемых; владение искусством коммуникации, которое предусматривает умение организовать и вести дискуссии, не навязывая свою точку зрения, не давя на аудиторию своим авторитетом; способность генерировать новые идеи, направить обучаемых на поиск путей решения поставленных проблем; умение устанавливать и поддерживать в группе проекта устойчивый, положительный эмоциональный настрой; если речь идет о международном проекте – практическое владение языком партнера, достаточную осведомленность о культуре и традициях народа, государственном и политическом устройстве страны, ее истории; владение компьютерной грамотностью; наконец, умение интегрировать знания из различных областей для решения проблематики выбранных проектов.

От обучаемых требуется знание и владение основными исследовательскими методами; владение компьютерной грамотностью, что предполагает: умение вводить и редактировать информацию, пользование компьютерной телекоммуникационной технологией, обработку получаемых количественных данных с помощью программ электронных таблиц, пользование базами данных, распечатку информации на принтере; владение коммуникативными навыками; умение самостоятельно интегрировать ранее полученные знания по разным учебным предметам для решения познавательных задач, содержащихся в телекоммуникационном проекте.

Дидактические свойства телекоммуникаций подразделяются на четыре группы в соответствии с их технической организацией:

1) дидактические свойства синхронной телекоммуникационной связи «компьютер – компьютер» от партнера к партнеру (подготовка, редактирование и обработка текста; хранение и систематизация информации; загрузка информации в сеть с жесткого диска или гибкого диска; перевод информации из сети на жесткий или гибкий диски; синхронный обмен информацией с партнером; распечатка информации на принтере).

2) дидактические свойства электронной почты (передача сообщений или текстов одновременно большому числу абонентов; хра-

нение поступающей в память центрального компьютера информации, готовой к передаче по запросу пользователя; синхронный обмен информацией с партнерами; отправление информации в электронный почтовый ящик центрального компьютера для хранения ее в течение сколь угодно длительного времени до востребования; получение автоматического уведомления о том, что информация прочитана или возвращена; подготовка и редактирование текстов; перекачка информации из сети на диски; распечатка текстов на принтере для рассылки и дальнейшего обсуждения; демонстрация текстов, графической информации на экране дисплея, позволяющая групповое участие в обсуждении и интерпретации информации; обеспечение обучающихся возможностью использовать первоклассные, новейшие средства информационной технологии, широко используемые в мире; подключение к любым электронным банкам и базам данных для получения интересующей пользователя информации).

3) Дидактические свойства телекоммуникаций (передача текстовой, графической, звуковой информации через систему телеконференций непосредственно на компьютер любому пользователю, являющемуся абонентом сети, в которой размещается данная конференция; прием информации от любого партнера – участника конференции; подготовка, редактирование текстов, графического материала; обработка и хранение текстов, графики; распечатка текстов на принтере для последующей рассылки и работы; обеспечение синхронной и асинхронной коммуникации, что позволяет участникам конференции переслать свою информацию в систему в любое удобное для участника время и таким же образом получать информацию от других участников).

4) Дидактические свойства электронной доски объявлений (возможность размещения и хранения своего сообщения на доске объявлений без точного указания адресата; возможность поиска интересующей пользователя информации и вступление в контакт с обладателем этой информации; возможность поиска партнера для совместной работы; возможность распечатки на принтере интересующей информации).

Телекоммуникации по своим потенциальным возможностям и дидактическим свойствам могут оказаться исключительно полезными применимо к любому учреждению высшего образования агротехнического профиля. Конечно, соединив два компьютера, стоящие друг от

друга на большом расстоянии, – не решение педагогической проблемы. Лишь объединение технических возможностей телекоммуникаций с методом проектов, основанном на поисковых, исследовательских методах, окажется весьма эффективным и перспективным.

В заключении необходимо отметить, что накопленный опыт применения телекоммуникаций в сфере подготовки будущих специалистов АПК показал, что телекоммуникационные проекты [1, с.160] позволяют организовать совместные исследовательские работы студентов, преподавателей разных регионов и стран; организовать оперативную консультационную помощь широкому кругу обучаемых из научно-методических центров; организовать сеть дистанционного обучения и повышения квалификации педагогических кадров; оперативно обмениваться информацией, идеями, планами по интересующим участникам совместного проекта вопросам, темам, расширяя таким образом свой кругозор, повышая свой культурный уровень; формировать у партнеров коммуникационные навыки, культуру общения, что предполагает умения четко и кратко формировать свои мысли, терпимо относиться к мнению партнера, умение вести дискуссию, аргументировано доказывать свою точку зрения и уметь слушать и уважать партнера; формировать подлинно исследовательскую деятельность, моделируя работу научной лаборатории, творческой мастерской; формировать умение добывать информацию из разнообразных источников, обрабатывать ее, хранить и передавать в разные точки планеты; создавать подлинную языковую среду (в условиях международных телекоммуникационных проектов и телеконференций), способствующую созданию естественной потребности в общении на иностранном языке, а отсюда – потребность в его изучении; способствовать культурному, гуманитарному развитию обучаемого на основе приобщения к самой широкой информации гуманистического плана.

#### Список использованной литературы

1. Полат, Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования / Е.С. Полат. – М.: «Академия», 2009. – 224 с.
2. Ястребцева, Е.Н. Пять вечеров: Беседы о телекоммуникационных образовательных проектах / Е.Н. Ястребцева. – М.: Федерация Интернет образования, 2001. – 216 с.

**Abstract.** This paper deals with the technology of telecommunication projects as one of the most important innovative technologies used in modern agro-technical education. The specifics of telecommunication projects and the potential of their use in the practice of training future specialists for agriculture are analyzed.

УДК 377.35

**Якубовская Е.С.**, старший преподаватель;  
**Молчан Л.Л.**, кандидат педагогических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

### **ТРЕБОВАНИЯ К УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ КАК СРЕДСТВУ ФОРМИРОВАНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ПРОЕКТИРОВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ БУДУЩЕГО ИНЖЕНЕРА ПО АВТОМАТИЗАЦИИ**

***Аннотация.** Показана важность освоения будущим инженером по автоматизации технологии проектирования на уровне, обеспечивающем внедрение новшеств. Подготовка такого специалиста возможна при наличии эффективных дидактических средств формирования инновационного компонента проектной деятельности – учебно-методического комплекса, направленного на наиболее полное включение технологии инженерного проектирования в учебный процесс, активизацию деятельности студентов на всех этапах учебного проектирования, увеличение доли самостоятельности, самоконтроля, самооценки и рефлексии.*

На сегодняшний день определена приоритетная цель развития промышленного комплекса Республики Беларусь – формирование конкурентоспособного инновационного промышленного комплекса (в том числе агропромышленного комплекса), увеличение выпуска соответствующей мировым стандартам продукции и наращивание экспортного потенциала [1]. Достичь данной цели можно при условии внедрения экспортоориентированных высокотехнологичных

производств, обеспечения снижения материало- и импортзатрат, обеспечения снижения материалоемкости и импортозатратности продукции, перехода на энерго- и ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства. В этих условиях многократно возрастает роль инженера, как инициатора инновационных процессов по обеспечению повышения качества продукции и снижению трудовых, ресурсных и энергозатрат, проектированию и внедрению высокотехнологичных автоматизированных производств. Усиление инновационной составляющей в современной профессиональной деятельности агроинженера, которая характеризуется многозадачностью, мобильностью (информационная компетентность), синергетичностью (работа в команде, системность), обуславливает дополнительные требования к выпускнику агротехнического университета, совокупность которых можно обозначить как компетентность в сфере инновационной деятельности. Формирование инновационных умений определяется также уровнем овладения технологией современного инженерного проектирования в процессе подготовки в университете и специальной методикой подготовки к профессиональной деятельности в условиях инновационного развития производства. Полноценная реализация такой методики требует разработки учебно-методического комплекса, направленного на наиболее полное включение технологии инженерного проектирования в учебный процесс, активизацию деятельности студентов на всех этапах учебного проектирования, увеличение доли самостоятельности, самоконтроля, самооценки и рефлексии.

Под учебно-методическим комплексом понимают систему «средств нормативного, учебно-методического обеспечения, обучения и контроля, необходимых и достаточных для полного и качественного обеспечения образовательного процесса в соответствии с требованиями государственного стандарта» [2, с. 18]. Фактически учебно-методический комплекс (УМК) задает модель образовательного процесса, определяемую педагогической задачей и методикой подготовки специалиста. Разработка УМК требует четкого определения образовательной цели, отбора содержания, определении системы познавательных действий через учебно-методическое обеспечение, средства обучения и контроля [3, с. 7].

Построение УМК должно отвечать требованиям – соответствовать общим принципам, среди которых выявлены принципы целостности, детерминирования, модульности, комплексности, вариативности [4, с.

17] и специфическим. Поскольку формировать инновационный компонент проектировочной деятельности возможно на основе всех учебных дисциплин профессионального компонента, то УМК должен легко встраиваться в их содержание учебных дисциплин, то есть соответствовать принципу метапредметности. Также УМК должен быть направлен на активизацию деятельности студентов на всех этапах учебного проектирования, что возможно при наличии специального комплекса учебных задач и производственных ситуаций (задачный подход). УМК должен обладать полнотой и целостностью дидактического цикла, т.е. включать средства закрепления и оценки (самооценки) нового материала. Кроме того, УМК должен обеспечивать возможность вариативности изучения материала на различных уровнях усвоения.

Учебно-методическое обеспечение, включенное в УМК, задает поэтапную деятельность по формированию инновационного компонента проектировочной деятельности. Предусмотрено несколько этапов формированию инновационного компонента проектировочной деятельности. На подготовительном этапе обеспечивается пооперационное освоение технологии инженерного проектирования, реализующего задачи инновационного характера. Здесь важно показать последовательность решения задач проектирования технических систем с учетом инновационности их разработки. Поэтому в учебном пособии по специальной дисциплине [5], при рассмотрении автоматизации типовых процессов сельскохозяйственного производства раскрывается методика проектирования систем автоматического управления в следующей последовательности: формулирование требований к процессу с учетом множества факторов, определение объема автоматизации, формулирование принципов автоматического управления процессом и способы реализации автоматического управления современными техническими средствами. Такая подача учебного материала, его информационная насыщенность позволяет в ходе лекционных занятий (при условии предварительной проработки учебного материала) устраивать лекции-обсуждения или лекции-дискуссии, когда студенты могут свободно участвовать в рассмотрении проблемных вопросов, высказывать свое мнение.

Активизации деятельности по закреплению умений проектирования систем автоматического управления обеспечивает система специальных заданий и упражнений, собранных в практикуме и

рабочей тетради, составляющих комплект с учебным пособием. Задания в рабочей тетради разнесены по уровням сложности. Кроме того, степень самостоятельности в освоении проектировочных умений обеспечивается возможностью работы на виртуальном тренажере в составе электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по дисциплине [6].

На основном этапе формирования инновационного компонента проектировочной деятельности обеспечивается развитие профессиональной самостоятельности в вопросах модифицирующего проектирования через систему разноуровневых заданий на курсовое проектирование и ориентировочные алгоритмы действий, организацию деятельности по коллективному решению наиболее сложных задач инженерного проектирования. Учебно-методический комплекс на данном этапе включает учебное пособие [7], в котором раскрыт пример проектирования системы автоматического управления, сформулированы требования к тематике, приводятся возможные варианты заданий.

На заключительном этапе обеспечивается формирование умений применения технологии в системно-модифицирующем проектировании и опирается на комплекс, содержащий задания на дипломное проектирование, программу и методические указания по преддипломной практике, пособие по вопросам организации дипломного проектирования [8], отражающее содержание, структуру дипломного проекта, ориентировочные алгоритмы действий и критерии оценки проекта.

Таким образом, эффективным средством формирования инновационного компонента проектировочной деятельности является учебно-методический комплекс, направленный на наиболее полное включение технологии инженерного проектирования в учебный процесс, активизацию деятельности студентов на всех этапах учебного проектирования, увеличение доли самостоятельности, самоконтроля, самооценки и рефлексии. Отбор содержания УМК осуществлялся на основе принципов: комплексности и последовательности, возможности интеграции в учебные дисциплины, вариативности содержания, маршрута освоения учебного материала, уровня освоения профессиональных умений.

#### Список использованной литературы

1. Программа развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года : утверждена Постановлением

Совета Министров Республики Беларусь 5.07.2012 г. №622, зарегистрирована 24 июля 2012 г. №5/35993

2. Шкляр, А.Х. Учебно-методические комплексы в профессионально-техническом образовании: теоретические основы проектирования / А.Х. Шкляр, С.М. Барановская. – Минск: Республиканский институт профессионального образования, 2013. – 66 с.

3. Беспалько, В.П. Образование и обучение с участием компьютера. – М.: Педагогика, 2002. – 396 с.

4. Учебно-методический комплекс: модульная технология разработки: учебно-методич. пособие / А. В. Макаров, З. П. Трофимова, В. С. Вязовкин, Ю. Ю. Гафарова. – Минск: РИВШ БГУ, 2001. — 118 с.

5. Фурсенко, С.Н. Автоматизация технологических процессов : учеб. пособие / С.Н. Фурсенко, Е.С. Якубовская, Е.С. Волкова. — Минск : Новое знание, М.: ИНФРА-м, 2015. — 376 с.

6. Якубовская, Е. С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства [Электронный ресурс]: электронный учебно-методический комплекс по дисциплине «Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства» для студентов, обучающихся по специальности 1-53 01 01 - 09 Автоматизация технологических процессов и производств (сельское хозяйство), № гос. рег. 1511713036 от 09.10.2017 г. / Е. С. Якубовская; БГАТУ, Кафедра Автоматизированных систем управления производством. – Минск: БГАТУ, 2017. – 1 электрон. оптич. диск (CD-ROM). – Систем. требования: Windows 2000/XP/7, Microsoft Office PowerPoint 2003 и выше, браузер-любой, не ниже html 4.0

7. Якубовская, Е.С. Автоматизация технологических процессов сельскохозяйственного производства. Курсовое и дипломное проектирование : учеб. Пособие / Е.С. Якубовская, С.Н. Фурсенко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2016. – 312 с.

8. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) : учебно-методическое пособие / В.В. Гурин, Е.С. Якубовская, И.П. Матвеевко [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2014. – 144 с.

**Abstract.** Shows the importance of the future development of engineers of automation design technology at a level ensuring the implementation of innovations. The development of additional component of the designing competence will enable specialist to solve professional problems of innovative character. Preparation of such a professional you must have an effective means of formation of innovative didactic component designing activity. That means a comprehensive educational complex aimed at the inclusion of the most complete engineering design technology in the educational process, the revitalization of the students in all phases of instructional design, increasing the share of self-reliance, self-control, self-assessment and reflection.

УДК 378.147:62

**Колоско Д.Н.**, кандидат технических наук, доцент;

**Жаркова Л.С.**, старший преподаватель

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ИНФОРМАЦИИ В МУЛЬТИМЕДИЙНОМ СОПРОВОЖДЕНИИ ЛЕКЦИЙ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены основные особенности восприятия студентами мультимедийного сопровождения лекций по техническим дисциплинам и требования к созданию слайдов презентаций.*

Под мультимедийным сопровождением лекции понимается передача информации студенческой аудитории в демонстрационной форме с использованием компьютерных технологий. По данным Джен Руэ информация воспринимается человеком в следующих соотношениях: на 1% через вкус; на 2% посредством осязания; на 4% с помощью обоняния; на 10% на слух; на 83% визуально. При этом запоминается: 10% прочитанного; 20% услышанного; 30% увиденного; 50% того, что услышано и увиденно; 70% того, что сказано и записано [1].

Поэтому яркость, наглядность, образность формы, органично объединенные с основным смысловым содержанием учебного материала, производят заметное эмоциональное воздействие на студентов, облегчают понимание материала и улучшают его усвоение.

При устном изложении материала студент за минуту способен воспринять и переработать до одной тысячи условных единиц информации, при использовании органов зрения уже до 100 тысяч таких единиц за счет возникновения ассоциации ощущений, что повышает эмоциональный тонус и уровень работоспособности. Зрительное восприятие изображений представляет собой систему переработки содержащейся в изображении информации, начиная с обнаружения и опознавания объектов и заканчивая анализом всей информации.

Если новая информация поступает вербально, т. е. преподаватель рассказывает учебный материал в виде монолога, то мозг воспринимает информацию исключительно в слуховых и речевых зонах. Аналогично зрительно поступившая информация без поясняющего текста будет обработана и узнана только в зрительных центрах мозга.

Мультимедиа презентация облегчает понимание изучаемого материала и ориентирует студента в сложной совокупности связей между отдельными компонентами изучаемого предмета. Мультимедийные материалы-иллюстрации поддерживают умение учиться, то есть познавать явления на уровне абстрактных концепций.

Основной единицей электронного конспекта лекций и мультимедиа презентации является слайд или кадр визуального представления учебной информации, поэтому при работе необходимо учитывать эргономические требования визуального восприятия информации.

Эти требования касаются: разборчивости шрифтов обозначений и надписей, отсутствия агрессивных полей и неприятных ощущений при динамическом воспроизводстве графических материалов, правильного расположения информации в поле восприятия, отсутствия цветового дискомфорта, оптимизации яркости графиков по отношению к фону, отсутствию засорения мелкими деталями поля главного объекта.

Принципиальными положениями методической концепции разработки мультимедийного сопровождения лекций являются:

- ориентация на визуальное восприятие материала (то, что студент должен усвоить, он должен увидеть);
- информационная насыщенность (все, что студент должен записать в конспект, показывается на слайдах: определения, формулы, схемы);
- динамичность композиции слайдов (слайд выстраивается на экране постепенно, обрастая деталями по мере изложения материала).

Лектору необходимо наличие творческих способностей для выбора подходящих изобразительных средств, для правильной компоновки слайда из составляющих элементов, подбора цветовой гаммы изображения элементов, обеспечения наглядности применяемых эффектов. Необходимо учитывать, что на большом экране текст и рисунки будут видны так же, как на экране компьютера (не лучше и не крупнее).

Основным инструментом для подготовки и показа презентаций в вузовской практике является программа Power Point (один из компонентов программы Microsoft Office). Рекомендуется использовать только так называемые «рубленные» шрифты: Arial, Tahoma, Verdana, можно Comic Sans MS. Практическое применение мультимедийного сопровождения лекций в аудиториях вместимостью до 90 человек показало, что минимальный размер шрифта для текста – 24 пт, для заголовков – 28 – 32 пт.

При подготовке мультимедийного сопровождения лекций преподаватели кафедры «Механика материалов и детали машин» БГАТУ используют основные принципы разработки презентации:

- оптимальный объем;
- доступность передаваемой информации;
- учет особенностей восприятия информации с экрана;
- соблюдение требований и стандартов по созданию презентаций: единый стиль и дизайн, красота и эстетичность, разнообразие форм;

- динамичность и занимательность.

Также принципиальными при создании слайдов являются:

- равномерность распределения текста;
- визуальное размещение основного материала должно происходить по диагонали из верхнего правого угла в нижний левый;
- расположение наиболее важной информации в центре экрана;

- форматирование текста по ширине;
- учет воздействия цвета информации на физиологическом уровне (цветовое равновесие).

Важным средством организации восприятия информационного материала, его элементов и структуры является цветовое оформление. Цвет является разновидностью информации. Цвета подразделяются на теплые и холодные, возбуждающие и тормозящие. Правильный подбор цвета может влиять на восприятие сложного материала и настроение студенческой аудитории в целом.

В стилевом оформлении презентации не рекомендуется использовать более 3 основных цветов и более 3 типов шрифта. Примерами композиционного построения и использования цветовой гаммы могут служить слайды темы «Опоры валов и осей» курса прикладной механики (рисунок 1) и построения эпюр нормальных и касательных напряжений при изгибе с кручением курса механики материалов (рисунок 2).



Рисунок 1 – Композиционное и цветовое решение слайда темы «Опоры валов и осей»

**4)** Опасным является сечение, в котором одновременно имеют наибольшее значение полный изгибающий и крутящий моменты

По эпюрам  $T$  и  $M_x$  находим опасное сечение (в нашем случае – на левой опоре)

Для определения в опасном сечении опасной точки построим эпюры нормальных напряжений  $\sigma_x$  от действия изгибающего момента  $M_x$  и касательных напряжений  $\tau_x$  от действия крутящего момента  $T$



Наибольшие нормальные растягивающие напряжения возникают в точке пересечения следа плоскости действия полного изгибающего момента и контура сечения  $B$ , наибольшие сжимающие напряжения – в точке  $C$

Рисунок 2 – Композиционное и цветовое решение слайда темы «Изгиб с кручением»

При создании мультимедиа презентаций следует учитывать, что информация не воспринимается, если:

- презентация занимает много времени;
- информация лектором читается только со слайдов;
- пестрый фон (теряется текст);
- проектируемый на экран печатный документ имеет много мелкого текста.

В некоторых источниках указывается, что оптимальной является скорость смены слайдов через каждые 1,5 – 2 минуты [2]. В таком случае при продолжительности лекции 80 минут количество слайдов должно достигать 40 – 50. На усвоение материала одного слайда следует отводить достаточное количество времени (не менее 3 – 4 минут), чтобы студенты могли сконцентрировать внимание на экранном изображении, проследить последовательность действий анимационных эффектов, рассмотреть все элементы слайда, зафиксировать конечный результат в конспектах.

Пятилетний опыт применения мультимедийного сопровождения лекций по механике материалов показал, что оптимальным количеством слайдов для большинства тем дисциплины является 14 – 18. Тема «Плоский поперечный изгиб», излагаемая на протяжении двух лекций с подробным объяснением построения эпюр внутрен-

них силовых факторов, состоит из 27 слайдов. Максимальное количество 35 слайдов по теме «Переменные напряжения» объясняется выведением на экран справочных таблиц и графиков для определения коэффициентов концентрации напряжений, масштабного и качества обработки поверхности.

В современном учебном процессе применение компьютерных технологий является неотъемлемой частью обучения, позволяющей повышать эффективность обучения и качество формируемых знаний и компетенций. Учитывающее особенности восприятия информации мультимедийное сопровождение лекций способствует решению проблемы наглядности обучения и расширению возможности визуализации учебного материала.

#### Список использованной литературы

1. Руэ, Д. Искусство презентации /Д. Руэ //: ФАИР - ПРЕСС – пер. с англ. М., 2008. – 384 с.
2. Тимонина, И.В. Мультимедийная лекция как современная форма управления учебным процессом в вузе / И.В. Тимонина // Педагогика высшей школы. – 2017. – №2. – С. 131-134.

**Abstract.** In article the main features of perception by students of multimedia maintenance of lectures on technical disciplines and requirements to creation of slides of the presentations are considered.

УДК 378. 663

**Орда А.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;

**Шкляревич Т.А.<sup>2</sup>**, преподаватель

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный  
технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>УО «Военная академия Республики Беларусь»  
г. Минск, Республика Беларусь

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ОБЩЕТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН**

**Аннотация.** В статье показано, как добиться того, чтобы обилие изучаемых дисциплин не привело к излишней учебной нагрузке.

*женности студента, а принесло реальную пользу в формировании гармонично развитого, высокообразованного специалиста инженерного профиля.*

**Основная часть.** Получение университетского образования с одной стороны требует овладения фундаментальными науками гуманитарного и общетехнического циклов, с другой стороны – современный инженер должен пройти насыщенную специальную подготовку, обеспечивающую глубокое знание профилирующих дисциплин.

Анализируя образовательный стандарт любой специальности инженерного профиля в Белорусском государственном аграрном техническом университете, можно увидеть обилие разнопрофильных дисциплин. А ведь по каждой из них следует сдать экзамен или зачет, выполнить курсовой проект (работу) или ряд заданий, контрольных и модульных работ.

Инженер в своей практике сталкивается с эксплуатацией сложной техники, обеспечивающей выполнение разных операций. Для выработки концепции подготовки инженера в Белорусском государственном аграрном техническом университете было проанализировано развитие, соотношение и взаимодействие фундаментальных, общетехнических и специальных дисциплин. Так, в преподавании таких фундаментальных дисциплин как высшая математика, теоретическая механика, теория механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин, которые развивались в течение столетий, используются «готовые» знания. Как правило, обучение этим дисциплинам имеет тенденцию к сохранению сложившихся методов и приемов, разве что с использованием на данном этапе развития науки и техники элементов компьютерного программирования и моделирования. Но ведь процесс обучения должен быть активным, как со стороны преподавателя, так и студента.

По мере усложнения техники повышается роль инженера и придается большее внимание процессу инженерной подготовки. На основе анализа инженерного образования ВУЗов республики Беларусь установлено, что вначале развивались общетехнические науки, затем – специальные технические, как резерв в познании сложного технического объекта, а на современном этапе возникла по-

требность обратиться к психологическим резервам инженерной подготовки [1, с. 51].

Для понимания и эффективного усвоения нового материала студент должен обладать суммой знаний (тезаурусом), полученной при изучении предыдущих дисциплин. Под тезаурусом понимается не просто сумма сведений, но все интеллектуальное и эмоциональное богатство студента (рецептора), включающее его способность к сотворчеству. В зависимости от тезауруса рецептора по-разному воспринимается информация. Согласно Волькенштейну ценность информации  $V$  определяется по формуле [2]:

$$V = \frac{A \cdot I \cdot T}{B + I} e^{-c \frac{T}{I}}, \quad (1)$$

где  $I$  – количество поступающей информации, бит;  $T$  – тезаурус;  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – константы.

Из зависимости (1) следует, что при малом тезаурусе студента ценность информации снижается, а при очень большом тезаурусе – также убывает.

Для улучшения успеваемости важное значение имеет уровень эмоций студента, который выражается следующей формулой [3]:

$$\mathcal{E} = f [ \Pi (I_n - I_c), \dots ], \quad (2)$$

где  $\mathcal{E}$  – уровень (степень, качество) эмоций;  $\Pi$  – потребность достижения цели (сила и качество актуальной потребности);  $(I_n - I_c)$  – оценка вероятности (возможности) удовлетворения потребности на основе врожденного и онтогенетического опыта;  $I_n$  – информация о средствах, прогностически необходимых для удовлетворения потребности;  $I_c$  – информация о средствах, которыми располагает субъект в данный момент.

Динамика изменения эмоций  $\mathcal{E}$  во времени  $t$  имеет вид [4]:

$$\frac{d\mathcal{E}}{dt} = -\frac{1}{\tau_{\mathcal{E}}} - \frac{a}{\tau_{\mathcal{E}}} \Pi + \nu \Pi \frac{d\Pi}{dt}, \quad (3)$$

где  $\tau_{\mathcal{E}}$  – время релаксации, т. е. характерное время затухания эмоций после события, вызвавшего эмоциональный всплеск;  $a$  – коэф-

фициент эмоциональной ответственности за удовлетворение потребности;  $v$  – коэффициент пропорциональности между изменением вероятности удовлетворения потребности и изменением эмоций;  $p$  – вероятность удовлетворения потребности.

Анализ формулы (3) показал, что на обучение студента влияют как внешние условия (уровень преподавания), так и внутренние (тип личности). По характеру зависимости эмоций от удовлетворения потребностей выделяют «человека дела» и «человека настроения».

В работе [4] рассмотрен вопрос по определению оптимальных принципов построения курса обучения по той, или иной точной дисциплине. Основой решаемого вопроса было исследование, как изменяется доля операбельных (освоенных и используемых в решении задач) методов при переходе с начальных кругов понятий к последующим. Изучалось, как на результат влияют число вариантов решения задач  $N$ , число звеньев в умозаключении  $M$ , начальная доля операбельных методов в нулевом круге понятий  $P_0$  и доля забываемых методов из каждого круга понятий  $P_{зан}$ . В результате предложена формула, из которой следует, что процесс изучения той, или иной дисциплины можно рассматривать как итерационный процесс [4]:

$$P_{i+1} = 1 - (1 - P_{зан})(1 - P_i^M)^N, \quad (4)$$

где  $P_{i+1}$  – вероятность того, что применяемый метод в  $(i + 1)$  круге является операбельным, т. е. усвоенным с возможностью применения;  $P_{зан}$  – вероятность усвоения данного метода;  $M$  – число звеньев в умозаключении;  $N$  – число вариантов умозаключений, с помощью выводится данный метод решения задач.

Анализ зависимости (4) показал, что увеличение числа вариантов  $N$  является важнейшим фактором повышения эффективности обучения. Таким образом, увеличение количества вариантов изучения материала позволяет повысить его усвояемость.

Для анализа сложной системы подготовки инженера можно использовать методы теории информации – науки, изучающей способы передачи и хранения информации надежным и экономным методом.

Неупорядоченность системы характеризуется энтропией. Широко известна зависимость Больцмана между энтропией системы и вероятностью ее состояния. Так как вероятность состояния системы пропорциональна числу возможных исходов  $N$ , то связь между энтропией  $S$  и числом  $N$  выражается формулой:

$$S = k \cdot \ln N, \quad (5)$$

где  $k$  - постоянная Больцмана ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж).

Согласно негэнтропийного принципа информации, введение информации  $I$  уменьшает энтропию системы  $S$ . Из исследований [4] известно, что:

$$I + S = const. \quad (6)$$

Снизить энтропию системы подготовки инженера можно упорядочив процесс передачи студентам информации путем усиления междисциплинарных связей и выделения ведущих предметов, вокруг которых будут группироваться остальные.

**Заключение.** 1. Одним из важных компонентов обучения студента является формирование потребности достижения цели – овладение профессией инженера. Для этого следует использовать достижения информационной теории эмоций, согласно которой надо создавать условия обучения, способствующие достижению успеха.

2. Улучшить подготовку инженера из числа студентов можно используя негэнтропийный принцип информации, согласно которому введение и упорядочение информации уменьшает энтропию системы. При удачном выделении стержневых дисциплин и группировании вокруг них других, правильного соотношения теоретического и практического обучения мера организованности подготовки специалиста будет возрастать, а неопределенность (энтропия) – убывать. При этом будут возрастать доступность изложения материала и новизна, а избыточность поступающей информации сокращаться.

#### Список использованной литературы

1. Габдреев, Р. В. Методология, теория, психологические резервы инженерной подготовки / Р. В. Габдреев. – М.: Наука, 2001. – 167 с.
2. Волькенштейн, М. В. Стихи – как сложная информационная система / М. В. Волькенштейн. – М.: Наука и жизнь. 1970. – с. 72 - 78.
3. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика. М.: Наука, 2000. – 431 с.
4. Волькенштейн, М. В. Биофизика / М. В. Волькенштейн. – М.: Наука, 1981. – 576 с.

**Abstract.** In article it is shown how to achieve that the abundance of the studied disciplines did not result in excessive educational load of the student, and brought actual benefit in formation of harmoniously developed, highly educated expert of an engineering profile.

## СОДЕРЖАНИЕ

### *Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

1. **Миклуш В.П., Карпович С.К., Соловьев С.А., Лисай Н.К., Герасимов В.С.**  
Перспективы развития системы утилизации и рециклинга сельскохозяйственной техники в агропромышленном комплексе Республики Беларусь... 5
2. **Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Шах А.В., Лисай Н.К.**  
Формирование парка инновационной сельскохозяйственной техники в Республике Беларусь... 12
3. **Игнатов В.И., Герасимов В.С., Мишина З.Н., Богатова Н.О.**  
Перспективы развития инженерной службы агропромышленного комплекса Российской Федерации... 21
4. **Сайганов А.С., Карпович С.К.**  
Состояние и перспективы технического переоснащения сельскохозяйственных товаропроизводителей..... 32
5. **Герасимов В.С., Игнатов В.И., Буряков С.А.**  
Реализация системы рециклинга сельскохозяйственной техники с использованием предприятий инженерной сферы агропромышленного комплекса России..... 44
6. **Щерба А.В., Баргашевич Л.В., Баргашевич А.Л.**  
Тенденции развития сервиса тракторной техники «Беларус»..... 53
7. **Мишина З.Н.**  
Проект нормативов планирования затрат средств на техническое обслуживание и ремонт сельскохозяйственной техники..... 59
8. **Костомахин М.Н., Воронов А.Н.**  
Сбор информации о надежности сельскохозяйственной техники с использованием систем GPS/ГЛОНАСС..... 66
9. **Василенко М.А., Шаповал Л.И., Соколенко А.Н.**  
Определение сроков обслуживания мобильной сельскохозяйственной техники с использованием стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта..... 71

10.	<b>Толочко Н.К., Романюк Н.Н., Сокол О.В.</b> Аддитивные технологии в ремонтном производстве.....	76
11.	<b>Акулович Л. М., Мендалиева С.И., Буйнич В.Г.</b> Совмещение операций термической резки и механической обработки при изготовлении деталей из листового металлопроката.....	83
12.	<b>Анискович Г.И., Литовчик Д.П.</b> Упрочнение дисков роторов режущего аппарата роторных косилок.....	88
13.	<b>Девойно О.Г., Кардаполова М.А., Лапковский А.С., Василевский П.Н.</b> Использование лазерных и плазменных технологий для повышения долговечности быстроизнашивающихся деталей сельхозтехники.....	96
14.	<b>Ивашко В. С., Изойтко В.М., Буйкус К.В.</b> Исследование сопротивления заеданию покрытий, напыленных активированным дугowym напылением.....	100
15.	<b>Иванов В.И., Игнатков Д.А., Коневцов Л.А.</b> Исследования взаимосвязи энергетических параметров электроискрового процесса и дисперсности структуры измененного поверхностного слоя материала катода.....	105
16.	<b>Миранович А.В., Мисько В.Г., Василевский П.Н.</b> Структура и свойства покрытий, полученных магнитно-электрическим упрочнением и лазерной обработкой.....	110
17.	<b>Дудников А.А., Беловод А.И., Келемеш А.А., Горбенко А.В., Дудник В.В.</b> Влияние упрочняющей обработки поверхностей деталей на надёжность машин.....	115
18.	<b>Тарасенко В.Е., Жешко А.А., Якубович О.А.</b> Современный подход к проведению испытаний систем мобильных сельскохозяйственных машин.....	121
19.	<b>Жданко Д.А., Сушко Д.И., Вербицкий Д.С.</b> Оценка технического состояния агрегатов гидропривода мобильных энергетических средств по объёмному коэффициенту полезного действия.....	126

20. **Грунтович Н.В., Кирдишев Д.В.**  
Техническое диагностирование дизельных двигателей по спектрам вибрации корпуса для обеспечения долговечности, безотказности и экономичности..... 131
21. **Тимошенко В.Я., Жданко Д.А., Нагорный А.В., Чирич А.В., Дубель С.Г.**  
Повышение эффективности технического обслуживания тракторов..... 146
22. **Томкунас Ю.И., Чумак Т.М., Карпиевич Н.М., Жолох А.С.**  
Влияние условий и организации использования машинно-тракторного парка на расход топлива..... 152
23. **Тимошенко В.Я., Чирич А.В.**  
Повышение эффективности использования машинно-тракторного парка совершенствованием организации его технического обслуживания..... 156
24. **Мирутко В.В., Кашко В.М., Сёмин Е.В., Гуль А.С., Банюк И.В., Есипов С.В.**  
Совершенствование моечно-очистных работ в центральных ремонтных мастерских коллективных хозяйств..... 163
25. **Ильющенко А.Ф., Черняк И.Н., Жегздринь Д.И., Илюкевич А.И., Кусин А.Р., Кусин Р.А., Закревский И.В., Сапотько А.С., Шабанов А.А.**  
Регенерация порошковых фильтрующих элементов в процессе фильтрации водной суспензии гидрогумата торфа ..... 168
26. **Калиниченко М.Л., Долгий Л.П., Нелюб И.А., Зелезей А.Е.**  
Современные методы создания модельных комплектов для литья деталей сельскохозяйственной техники..... 173
27. **Капцевич В.М., Дечко М.М., Лисай Н.К., Чугаев П.С.**  
Моделирование порораспределения в многослойных сетчатых материалах..... 178

28. **Корнеева В.К., Рыхлик А.Н.**  
Оценка фильтрующих свойств двухслойных фильтрующих материалов, полученных из медных кабельных отходов методом сухого изостатического прессования..... 181
29. **Протько В.А., Андрушевич А. А., Ващула А.В.**  
Применение аддитивных технологий для изготовления распылителей полевых опрыскивателей..... 190
30. **Терентьев В.В., Шемякин А.В.**  
Анализ факторов, влияющих на коррозионное разрушение техники..... 194
31. **Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Шабуня В.В., Дубновицкий С.К.**  
Влияние магнитно-абразивной обработки колец подшипников на коррозионную стойкость..... 199
32. **Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Сенчуров Е.В., Дубновицкий С.К.**  
Смазочно-охлаждающее технологическое средство на основе лигносульфонатов для магнитно-абразивной обработки..... 205
33. **Михайловский Е.И.**  
Формирование системы резервов снижения затрат материальных ресурсов..... 209
34. **Основин В.Н., Вольский А.Л., Клавсуть П.В.**  
Оценка поставщиков материальных ресурсов в системе управления агросервисными предприятиями..... 215
35. **Мелькумова Т.В., Андреев К.П., Шемякин А.В.**  
Влияние условий хранения на сохранность резинотехнических изделий..... 220
36. **Андрушевич А.А., Калининченко В.А.**  
Литейная технология изготовления деталей сельскохозяйственной техники из композиционных материалов..... 225
37. **Мелькумова Т.В., Стенин С.С.**  
Применение современных материалов для защиты изделий из резины..... 229

38. **Сергеев К.Л., Василевский П.Н., Лиора А.А.**  
Влияние ультразвуковой обработки на агрегативную  
устойчивость дисперсной фазы водомасляной  
эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости..... 234
39. **Калиниченко В.А., Андрушевич А.А.**  
Исследование влияния повторного использования  
матричных сплавов для синтеза композиционных  
материалов..... 240
40. **Сергеев Л.Е., Акулович Л.М., Назаренко А.Ю.**  
Магнитно-абразивная обработка профиля зубьев  
мелкомодульных зубчатых колес..... 245
41. **Колпаков А.В., Новичков В.Н.**  
Технология частичного ремонта спирали шнеков  
винтовых транспортеров ..... 249
- Секция 2 - Инновационные технологии в АПК*
42. **Шило И.Н., Романюк Н.Н., Агейчик В.А.,  
Лакутя С.М., Нукешев С.О.**  
Инновационное устройство для разрушения почвенных  
комков в картофелеуборочных машинах..... 254
43. **Шило И.Н., Романюк Н.Н., Агейчик В.А.,  
Лакутя С.М., Эвиев В.А.**  
Оригинальный выкапывающий рабочий орган  
корнеклубнеуборочной машины..... 257
44. **Пастухов В.И., Бакум Н.В., Майборода М.Н.,  
Крекот Н.Н., Присяжный В.Г., Могильная А.Н.,  
Мельник А.В.**  
Обоснование технологии выращивания картофеля на  
поверхности поля под слоем соломы..... 261
45. **Агейчик В.А., Романюк Н.Н., Лакутя С.М.,  
Нукешев С.О.**  
Оригинальная конструкция машины для уборки  
картофеля..... 265
46. **Пастухов В.И., Мельник В.И., Бакум Н.В.,  
Циганенко М.А., Крохмаль Д.В., Гноевой В.И.,  
Гноевой И.В.**  
Сеялка для совместных посевов семян кукурузы и сои на  
силос по новой технологии..... 268

47.	<b>Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Вольский А.Л., Лакутя С.М., Нукешев С.О.</b> Сепаратор для отделения клубней картофеля от ботвы, сорняков и загрязнений.....	273
48.	<b>Родионов Ю.В., Никитин Д.В.</b> Вакуумные технологии и оборудование для переработки сельскохозяйственного сырья.....	276
49.	<b>Бакум Н.В., Крекот Н. Н., Ольшанский В.П., Абдуев М.М.</b> Пневматический сепаратор для очистки и сортирования семян овощных культур.....	281
50.	<b>Ожегов Н.М., Ружьев В.А., Ловкис В.Б.</b> Влияние физико-механических свойств почвы на интенсивность изнашивания рабочей поверхности дисков высокоскоростных почвообрабатывающих машин.....	286
51.	<b>Бакум Н.В., Михайлов А.Д., Козий А.Б., Крекот Н.Н.</b> Виброфрикционный сепаратор для доочистки и сортирования семян сельскохозяйственных культур.....	290
52.	<b>Бышов Н.В., Борычев С.Н., Лапин Д.А., Костенко М.Ю., Рембалович Г.К.</b> Исследование жесткости упругих элементов дискового ворошителя картофелеуборочных машин.....	294
53.	<b>Успенский И.А., Юхин И.А., Волченкова В.А.</b> К вопросу транспортирования сельскохозяйственных грузов по различным технологическим схемам.....	301
54.	<b>Основин В.Н., Агейчик В.А., Мальцевич И.В., Основин С.В.</b> Тенденции развития технологий заготовки и хранения силосуемых кормов.....	306
55.	<b>Авраменко П.В., Вабищевич А.Г., Гуд А.В., Попов В.Б.</b> Дифференцированные системы доизмельчения зерна в технологии заготовки силоса.....	312
56.	<b>Смирнов А.Н., Серебрякова Н.Г., Шостак В. Г.</b> Улучшение некоторых силовых и кинематических параметров одноковшовых фронтальных погрузчиков.....	317

57.	<b>Мисуно О.И.</b> Модульная схема построения пахотного агрегата.....	322
58.	<b>Смирнов А.Н., Серебрякова Н.Г., Шостаков В. Г.</b> Совершенствование системы механического слежения рабочего органа одноковшового фронтального погрузчика.....	327
59.	<b>Якубовская Е.С., Турченко Е.А.</b> Моделирование процесса автоматического поддержания температуры воздуха в инкубационном шкафу.....	332
60.	<b>Колесник И.В.</b> Моделирование системы управления технологическим процессом протравливателя семян сельскохозяйственных культур.....	336
61.	<b>Городецкая Е.А., Корко В.С., Дубодел И.Б., Непарко Т.А., Городецкий Ю. К., Сыч А.Д., Качалко А.С., Савина И.В.</b> Внедрение дизлектрических сепарирующих устройств на предприятия агропромышленного комплекса Республики Беларусь.....	343
62.	<b>Арютов Б.А., Малыгина Н.Н., Пасин А.В., Алтынова Ю.А.</b> Повышение эффективности передаточных механизмов путем оптимизации зубчатых пар.....	347
<i>Секция 3 - Инновационные образовательные технологии подготовки инженерных кадров для АПК</i>		
63.	<b>Васильева Л.Г.</b> Знаково-контекстное обучение будущих специалистов в компетентностном подходе.....	357
64.	<b>Гринцевич Т.И.</b> Использование образовательных интернет-ресурсов в преподавании русского языка как иностранного.....	360
65.	<b>Дакуко Н.В.</b> Развитие универсальных учебных действий студентов на занятиях по иностранному языку.....	363

66.	<b>Дятко И.М., Фокина И.С.,</b> Традиционные и инновационные формы самостоятельной работы студентов в современном образовательном процессе.....	366
67.	<b>Жур А.А.</b> Практикоориентированная подготовка студентов по дисциплине «Монтаж средств автоматики».....	369
68.	<b>Занкович Е.П.</b> Качественная языковая подготовка будущего специалиста АПК – залог эффективной управленческой деятельности.....	374
69.	<b>Захарьева Л.В.</b> Коммуникативно-исполнительское мастерство студентов при изучении иностранного языка.....	377
70.	<b>Кожич Д.Т., Слонская С.В.</b> Инновационные методы решения экологических проблем при преподавании химических дисциплин будущим специалистам АПК.....	380
71.	<b>Круглый П.Е., Кашко В.М., Драгун С.Н.</b> Использование инновационных технологий при преподавании дисциплины «Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники».....	384
72.	<b>Любочко И.А.</b> Кейс-метод как инновационная технология обучения студентов иноязычной коммуникации.....	389
73.	<b>Мантур А.Я., Смалянка Г.А.</b> Роля мультимедийных технологий у процесу навчання студентаў.....	392
74.	<b>Матвеев И.П., Костикова Т.А.</b> Подготовка специалистов агропромышленного комплекса на основе изучения микроконтроллеров с использованием программы компьютерного моделирования PROTEUS.....	394
75.	<b>Мисун О.И.</b> Методические аспекты изучения дисциплины «Механика материалов».....	398

76.	<b>Нехайчик А.А.</b> Использование мультимедийных презентаций в образовательном процессе как творческая работа студентов.....	404
77.	<b>Платоненка А.В., Мантур А.Я.</b> Тэсціраванне як сродак экспрэс-кантролю ведаў.....	407
78.	<b>Пожидаев С.П.</b> Уточнение понятия момента силы в механике.....	409
79.	<b>Смалянка Г.А., Платоненка А.В.</b> Самастойная работа студэнтаў – аснова павышэння якасці падрыхтоўкі спецыялістаў.....	414
80.	<b>Тупик А.В.</b> Информационно-коммуникационные технологии как средство обучения студентов технических учреждений высшего образования иностранному языку.....	416
81.	<b>Черновец Т.Е.</b> Технология телекоммуникационных проектов при подготовке будущих специалистов АПК.....	421
82.	<b>Якубовская Е.С., Молчан Л.Л.</b> Требования к учебно-методическому комплексу как средству формирования инновационной проектировочной деятельности будущего инженера по автоматизации.....	426
83.	<b>Колоско Д.Н., Жаркова Л.С.</b> Особенности восприятия информации в мультимедийном сопровождении лекций.....	431
84.	<b>Орда А.Н., Шкляревич Т.А.</b> Совершенствование методики преподавания общетехнических дисциплин.....	436



Республиканское объединение  
**“БЕЛАГРОСЕРВИС”**

**220037, г. Минск**  
**ул. Козлова, 25А**  
**тел. (+375-17) 245-64-81**  
**факс (+375-17) 245-64-62,**  
**e-mail: mail@belagroservice.by**  
**www.belagroservice.by**  
**г. Фаниполь**  
**(8-01716) 7-26-72**

Дежурный (по выходным дням)  
**(8-01716) 726-72; (8029) 108-05-92**  
С/х техника, автомобили,  
и запасные части к ним, ТОП  
**(8-01716) 911-37, 728-89, 728-08, 757-23**  
Нефтепродукты и химпродукция  
**(8-01716) 718-51, 714-35**  
Строительные материалы, хозяйвары  
и металлопродукция  
**(8-01716) 756-61, 712-11, 757-18**  
Хранение и грузоперевозки  
**(8-01716) 243-42, 727-54, 243-40**  
Поставка техники на условиях  
долгосрочной аренды  
**(8017) 294-03-55, 245-64-61, 294-03-75**  
Производство технической сервис  
и ремонт с.х.т.  
**(8017) 285-37-32, 284-37-77,**  
**(8-01716) 757-19**  
Производство, переработка и реализация  
льнопродукции  
**(8017) 284-75-79; 284-67-42, 284-75-79**  
Агрохимизация  
**(8017) 245-61-63, 285-37-39**  
Проектирование, строительство,  
ремонт и обслуживание объектов  
водоснабжения  
**(8017) 237-77-31, 284-78-18, 237-78-83**  
Служба энергетики **(8017) 237-78-35**  
«Молодечненский филиал»  
**(80176) 74-64-36**  
«Несвижский филиал»  
**(801770) 570-02, 570-84**  
ОАО «Агротопломонтаж» **(8017) 216-24-62**  
ОАО «Колядичагромаш»  
**(8017) 291-89-54**  
ОАО «Минскагротранс» **(8017) 291-86-27**  
ОАО «Барановичпромбурвод»  
**(80163) 41-97-19**  
ОАО «Гомельпромбурвод» **(80232) 42-13-56**  
ОАО «Гроднобурвод» **(80152) 52-44-81**  
ОАО «Заславльбурвод» **(8017) 544-27-97**  
ОАО «Завод Промбурвод» **(8017) 365-60-11**  
ОАО «Слуцкпромбурвод» **(801795) 3-40-27**  
ОАО «Могилевпромбурвод»  
**(80222) 71-71-16**

**Республиканское объединение  
«Белагросервис» создано Указом  
Президента Республики Беларусь  
№ 40 от 27 января 2003 г.**

**путем слияния  
РУП «Белагроснаб»,  
РУП «Белагро-промкомплект»,  
РО «Белагропромтехника»,  
РУП «Белсельхозхимия»,  
РСО «Трест Промбурвод».**

Республиканское объединение  
«Белагросервис» координирует  
деятельность предприятий и  
организаций, осуществляющих  
обслуживание сельскохозяйственного  
производства.

**РО «Белагросервис»  
осуществляет:**

- поставку сельхозтехники белорусского  
производства: косилки, прицепы, кормо-  
и зерноуборочная техника, почвообрабаты-  
вающая и посевная техника, тракторы,  
мотоблоки Беларусь-09Н, сменное  
оборудование и другая техника; сельско-  
хозяйственной техники на вторичный  
рынок.

(801716) 728-89, 911-37, (8044) 588-18-65

- поставку запасных частей к посевной и  
почвообрабатывающей технике,  
кормоуборочной и зерноуборочной,  
картофелеуборочной, свеклоуборочной и  
другой сельскохозяйственной технике  
отечественного и импортного  
производства (801716) 728-89, 911-37,  
716-68, (8044) 588-18-65

- поставку запасных частей к тракторам,  
автомобильям, ремни клиновые и  
вентиляторные, подшипники в ассорти-  
менте, аккумуляторы, шины различных  
модификаций, топливная и гидроаппа-  
ратура, насосы типа НШ и т.д.

(801716) 728-08, 757-23, 751-64

- поставку запасных частей к доильному  
оборудованию, транспортерам навозо-  
удаления, кормораздатчикам.

(801716)911-37, 757-23

- поставку строительных и  
тароупаковочных материалов, горюче-  
смазочных материалов. (801716)756-61, 757-  
18, 718-51, 714-35, 712-11

- услуги по хранению и складской  
переработке товаров и грузоперевозкам,  
услуги таможенного склада, склада СВХ.  
(8044) 719-14-75, (801716)727-54, 243-40,  
920-13, 243-42

- изготовление широкого ассортимента  
техники и оборудования для сельского  
хозяйства, оборудования навесного для  
содержания дорог и территории, оказание  
услуг по металлообработке (плазменной  
резке). (8017) 291-89-54, (8029) 194-58-78

- поставку длинного и короткого льноволокна,  
льняной веревки, нетканого полотна,  
льняного масла.

(8029) 133-84-33, (8017) 284-75-79

- комплекс работ по проектированию  
(разработка строительных проектов на  
сооружение новых разведочно-эксплуата-  
ционных скважин на воду, проектов  
санитарно-технической ликвидации  
(тампонажа) вышедших из строя скважин;  
проектов обоснования границ горных  
отводов водозаборных скважин и проектов  
зон санитарной охраны, изготовление копий  
паспортов водозаборных скважин,  
пробуренных предприятиями «Промбурвод»  
(за период с 1927 г. по настоящее время)) и  
бурению скважин для воды, строительство  
насосных станций, водонапорных баишен, их  
обслуживание и ремонт, прокладку сетей  
водопровода, изготовление и ремонт  
электропогружных насосов, бурового и  
технологического оборудования.

(8017) 237-78-83, 284-78-18

- автотранспортное обслуживание  
сельскохозяйственных и иных организаций.

(8017) 237-78-80, 285-31-51, 288-20-11,  
(8029) 670-22-63

Научное издание

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ  
НОВОЙ ТЕХНИКИ, ТЕХНОЛОГИЙ, ОРГАНИЗАЦИИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК**

Материалы Международной  
научно-практической конференции  
«Белагро-2018»

*(Минск, 7–8 июня 2018 года)*

Ответственный за выпуск *А. В. Миранович*  
Компьютерный дизайн и верстка *П. Н. Василевского*  
Дизайн и оформление обложки *Д. О. Сенькевич*

Подписано в печать 05.06.2018. Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 26,27. Уч.-изд. л. 20,54. Тираж 100 экз. Заказ 266.

Издатель и полиграфическое исполнение:  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный аграрный технический университет».  
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,  
распространителя печатных изданий  
№ 1/359 от 09.06.2014.  
№ 2/151 от 11.06.2014.  
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.