

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Республиканское объединение «БЕЛАГРОСЕРВИС»



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

Материалы Международной  
научно-практической конференции

*(Минск, 7–8 июня 2017 г.)*

Минск  
БГАТУ  
2017

УДК 631.173.4

**Современные** проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7–8 июня 2017 г. / М-во сел. хоз-ва и прод. Респ. Беларусь, УО «Белорус. гос. аграр. техн. ун-т», РО «Белагросервис» / редкол.: Н. Н. Романюк и [др.]. – Минск, БГАТУ, 2017. – 396 с. – ISBN 987-985-519-841-4.

Сборник содержит результаты исследований ведущих специалистов и ученых из учреждений высшего образования, научных организаций и производственных предприятий агропромышленного комплекса Беларуси, России, Казахстана, Украины 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.*, первый проректор Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент;

*Акулович Л. М.*, профессор кафедры технологии металлов Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», доктор технических наук, профессор;

*Миранович А. В.*, декан факультета «Технический сервис в АПК» Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент;

*Миклуш В. П.*, профессор кафедры технологий и организации технического сервиса Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, профессор;

*Основин В. Н.*, заведующий кафедрой механики материалов и деталей машин Учреждения образования «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент

Рецензенты:

доктор технических наук *В. В. Азаренко*;

доктор технических наук *В. Н. Дашков*

ISBN 987-985-519-841-4

© БГАТУ, 2017

## *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 «Белагросервис».



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

Инновационная деятельность в сельском хозяйстве имеет свои особенности. Внедрение конкретной инновации является, как правило, дорогостоящим и рискованным проектом, поэтому, за его осуществление берутся, в основном, экономически состоятельные организации. В настоящее время таких организаций в отечественном сельском хозяйстве недостаточно. Для большинства из них более актуальными являются вопросы технического перевооружения, осуществляемого в рамках модернизации АПК.

Система агросервиса в Республике Беларусь должна стать связующим звеном и интегратором между научно-технической сферой (где производятся инновации), с одной стороны, и собственно сельскохозяйственными организациями с другой. Для обеспечения эффективного инновационного процесса в республике требуется создавать соответствующую инфраструктуру. При этом необходимо как совершенствовать действующую систему технического сервиса сельскохозяйственных товаропроизводителей, так и создавать новые сервисные подразделения.

В связи со значительными количественными и качественными изменениями парка сельскохозяйственной техники, условий хозяйствования, требуется дальнейшее совершенствование форм и методов использования машин, улучшения организации их обслуживания и ремонта, модернизации ремонтно-обслуживающей базы. При этом особая роль отводится организации реновационного производства на предприятиях технического сервиса на основе применения инновационных технологий восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники.

В рамках работы конференции включены для обсуждения 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, Казахстана, Украины 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

**Лисай Н.К.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Карпович С.К.**<sup>2</sup>, кандидат экономических наук, доцент;  
**Миклуш В.П.**<sup>3</sup>, кандидат технических наук, профессор;  
**Сайганов А.С.**<sup>4</sup>, доктор экономических наук, профессор;  
**Герасимов В.С.**<sup>5</sup>, заведующий лабораторией

<sup>1</sup> *РО «Белгросервис», г. Минск, Республика Беларусь;*

<sup>2</sup> *Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ;*

<sup>3</sup> *УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь;*

<sup>4</sup> *Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси;*

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

## **ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ОРГАНИЗАЦИИ УТИЛИЗАЦИИ И РЕЦИКЛИНГА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема и основные задачи формирования эффективной системы утилизации и рециклинга сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь. Утилизация технических средств неразрывно связана с разработкой инфраструктуры предприятий, выстраиваемой в соответствии с технологической цепочкой, использованием ранее созданной сети ремонтно-обслуживающих предприятий и предприятий службы материально-технического обеспечения.*

***Ключевые слова:** утилизация, рециклинг, инфраструктура, ресурсосберегающие экологоориентированные технологии, реновационное производство, восстановление изношенных деталей, экономическая эффективность*

### **Введение**

Утилизация техники, является сложной и многосторонней проблемой. С одной стороны, это источник вторичных ресурсов, с другой – экологическая опасность, связанная с загрязнением окружающей среды.

Сельскохозяйственная техника, вышедшая из эксплуатации, представляет собой значительную угрозу для окружающей среды

ввиду её большого количества, значительной массы и наличия в ней токсичных веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие, как на здоровье людей, так и на экосистемы, поэтому решение этой важнейшей проблемы является составной частью программы рециклинга в АПК.

Одной из главных задач при формировании системы утилизации в АПК Республики Беларусь является обоснование инфраструктуры системы рециклинга с созданием специализированных производств по утилизации сельскохозяйственной техники, использующих инновационные ресурсосберегающие технологии.

### **Основная часть**

Основным направлением исследований по утилизации сельскохозяйственной техники являются технологические возможности сокращения до минимума ресурсов, подлежащих уничтожению, и увеличение объемов материалов и изделий, используемых вторично.

Практическая отработка организационных, правовых, технологических вопросов при реализации «пилотного» проекта отраслевой системы утилизации ускорит создание и развитие отрасли рециклинга техники и обеспечит промышленность вторичными материалами для производства продукции.

Внедрение ресурсосберегающих экологоориентированных технологий и нормативно-технической документации по утилизации сельскохозяйственной техники на предприятиях АПК позволит:

- обеспечить привлечение инвестиций из различных источников, включая фонды на республиканском и региональном уровнях для расширения масштабов этой работы;
- повысить долю сбора и качества отходов переработки - вторичных материальных ресурсов;
- сформировать цивилизованные рынки сбыта (рециклинговых ресурсов);
- сформировать банк данных и реестр о лучших доступных технологиях переработки утилизируемой сельскохозяйственной техники;
- обеспечить экологическую безопасность при захоронении неподлежащих восстановлению компонентов и материалов.

*Экономическая эффективность* утилизации проявляется воедино с экологической, так как сохранение экологического равновесия, защита природы от многообразных антропогенных последствий свя-

зана с материальными и трудовыми затратами, которые надлежит изыскивать, уменьшая тем самым расход средств на другие жизненно необходимые нужды. Применительно к проблемам утилизации отработавших ресурсов при использовании и ремонте технических средств производства эффективность может быть охарактеризована:

- объемом изымаемых деталей, узлов и других материалов в период выполнения ремонтных воздействий по машине и направляемых на утилизацию;

- трудоемкостью расчленения машины на фрагменты, освобождение емкостей картеров от топлива, масла, технологических жидкостей в процессе выполнения работ на этой стадии утилизации;

- издержками на весь объем работ по утилизации.

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:

- 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 %;

Исходя из выполненных предварительных расчетов, внедрение эффективной ресурсосберегающей эколого-ориентированной системы утилизации сельскохозяйственной техники, также позволит получить агропромышленному комплексу Республики Беларусь значительные вторичные ресурсы в виде деталей и узлов, годных к эксплуатации (около 3 – 5 млн. шт.); деталей, которые могут быть восстановлены (3 – 4 млн. шт.); металлофонда, полученного от утилизации 70 – 75,0 тыс. тонн и другие компоненты (резина, стекло, пластик, АКБ и т.д.).

Таким образом, на основании обобщения накопленного мирового и отечественного опыта в области создания систем утилизации технических средств, обоснованы и раскрыты предпосылки для

создания эффективной системы утилизации сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь.

Эффективное рециклирование материалов невозможно без создания системы по сбору и утилизации машин, вышедших из эксплуатации. Для решения указанных задач необходимо разработать технологический регламент на утилизацию такой техники, который должен охватывать вопросы, связанные, в первую очередь, с техническими и экологическими аспектами, содержать требования, необходимые для обеспечения утилизации машин в условиях современной ремонтно-обслуживающей базы.

При этом особого внимания заслуживает экологический аспект, включающий в себя вопросы энерго- и ресурсосбережения, улучшения экологической обстановки благодаря уменьшению количества захораниваемых отходов и их токсичности, а также экологической безопасности технологических процессов, входящих в рециклинг.

ринятые в практике схемы утилизации техники включают в себя три основных способа:

1) измельчение всей машины на специальных дробильных установках с последующим разделением массы на черные и цветные металлы, пластмассы, резину, стекло и др.

2) разборка машины на сборочные единицы и детали, которые сортируются по группам на металлы и другие материалы, после чего их отправляют на переплавку или переработку.

3) разборка машины и агрегатов на детали с последующей их сортировкой на годные, подлежащие восстановлению и негодные, для утилизации.

Утилизация технических средств неразрывно связана с разработкой инфраструктуры предприятий, выстраиваемой в соответствии с технологической цепочкой, использованием ранее созданной сети ремонтно-обслуживающих предприятий и предприятий службы материально-технического обеспечения.

Технологические процессы утилизации сельскохозяйственной техники разрабатываются с учетом применения современного высокопроизводительного технологического оборудования и такой организации процесса, которая обеспечивает высокую производительность труда, высокое качество рециклинга и снижение его стоимости.

Следует подчеркнуть, что ряд из созданных и успешно функционирующих в советский период ремонтно-обслуживающих предприятий в АПК Республике Беларусь, после соответствующей

модернизации, могут в настоящее время решать задачи, связанные с рециклингом сельскохозяйственной техники.

Если исходить из регионального принципа размещения указанных производств, то в республике можно выделить следующие предприятия, сохранившие достаточно высокий технологический уровень: Брестская область – ОАО «Березовский МРЗ»; Витебская область – ОАО «Западно-Двинский МРАС»; Гомельская область – ОАО «Гомельоблагросервис»; Гродненская область – ОУП «Мостовский ремонтный завод»; Минская область – ОАО «Минский Агросервис», Могилевская область – ОАО «Заднепровский МРАС».

В составе этих предприятий целесообразно организовать специализированные участки по рециклингу техники, используя существующую базу и имеющейся производственный потенциал.

При использовании промышленной технологии утилизации сельскохозяйственной техники должны предусматриваться следующие важнейшие принципы организации работ:

- разделение технологического процесса на операции, т.е. специализация выполнения каждой из них;
- проведение операций на определенном рабочем месте;
- расположение рабочих мест в соответствии с ходом технологического процесса;
- обеспечение непрерывности технологического процесса, т.е. движение объекта утилизации от одного рабочего места к другому последовательно, без возврата и перерывов;
- обеспечение ритма производства, т.е. выпуска утилизируемых объектов через определенные и равные отрезки времени;
- обеспечение технологического процесса механизированными и другими средствами.

Промышленная технология, основанная на агрегатно-узловом и подетальном методе разборки и последующей дефектации, обеспечивает получение основных параметров утилизации сельскохозяйственной техники.

По данным исследований, проведенных ГОСНИТИ, основные агрегаты имеют значительный остаточный ресурс (35-40%) и после восстановления могут быть использованы на ремонтно-эксплуатационные нужды. Оставшуюся часть машины (остовы и не пригодные для дальнейшего использования детали и узлы тракторов, комбайнов, сельхозмашин, животноводческого и специального оборудования и т.д.) относят к вторичному лому черных и цветных

металлов, который должен быть подготовлен к сдаче на предприятия Вторчермета.

Организация работ по сбору, выявлению и реализации деталей с остаточным ресурсом должна обеспечить практически полное использование заложенного в деталях ресурса

Сроки утилизации сельскохозяйственной техники и период, в который осуществляется основной объем ремонтно-обслуживающих работ, должны быть взаимоувязаны. Это необходимо для того, чтобы рабочие занятые ремонтом в пиковый период подготовки техники к весенне-полевым и уборочным работам, в менее напряженный период были востребованы для осуществления утилизации техники. В свою очередь это будет способствовать равномерной загрузке предприятия в течение года.

Для обеспечения утилизации вышедшей из эксплуатации сельскохозяйственной техники (ВЭСТ) необходимо осуществить ряд организационно-технических мероприятий, включая:

- обоснование загрузки участка утилизации исходя из годового плана утилизации сельскохозяйственной техники с учетом номенклатуры и объема работ, выполняемых по кооперации с другими предприятиями;
- разработку технологического процесса утилизации на предприятии с учетом принятой схемы организации сбора и переработки утилизируемой сельскохозяйственной техники;
- обеспечение предприятия нормативно-технической и технологической документацией;
- оснащение предприятия недостающим технологическим оборудованием и оснасткой;
- разработку рациональной технологической планировки участка утилизации;
- обеспечение предприятия необходимыми материально-техническими ресурсами
- подготовку инженерно-технических работников и рабочих для сбора и переработки утилизируемой сельскохозяйственной техники;
- разработку системы взаимодействия с поставщиками ВЭСТ и потребителями рециклируемых материалов.

### **Заключение**

Сельскохозяйственная техника, вышедшая из эксплуатации, представляет собой значительную угрозу для окружающей среды ввиду её большого количества, значительной массы и наличия в

ней токсичных веществ, которые оказывают длительное негативное воздействие, как на здоровье людей, так и на экосистемы, поэтому решение этой важнейшей проблемы является составной частью программы рециклинга в АПК.

Одной из главных задач при формировании системы утилизации в АПК Республики Беларусь является обоснование инфраструктуры системы рециклинга с созданием специализированных производств по утилизации сельскохозяйственной техники, использующих инновационные ресурсосберегающие технологии.

#### Список использованной литературы

1. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения: науч. издание / С.А. Соловьев и др. – М.: ФБГНУ «Росинформагротех», 2015. – 172 с.

2. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники: научное издание. – М.: ФБГНУ «Росинформагротех», 2014. – 160 с.

3. Герасимов, В.С. Концепция и организационно-технологические принципы создания отраслевой системы утилизации сельскохозяйственной техники / В.С. Герасимов, В.И. Игнатов, В.П. Миклуш, С.А. Буряков, А.С. Сайганов // Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической научно-практической конференции на 26-й Международной специализированной выставке «Белагро-2016», г. Минск, 4 июня, 2016г. – Минск: БГАТУ, 2016, – с.53-69.

**Abstract.** The article discusses the problem and main objectives of the formation of an effective system of utilization and recycling of agricultural technology in agribusiness of the Republic of Belarus. Utilization of technical resources is inextricably linked with the development of infrastructure built in accordance with the flowsheet, using the previously created network of repair-serving enterprises and service logistics.

**Key words:** disposal, recycling, infrastructure and resource-saving environmentally oriented technologies, renovation of production, restoration of worn details, economic efficiency.

УДК 631.173.4

**Герасимов В.С.**, заведующий лабораторией;  
**Соловьев С.А.**, руководитель научного направления,  
доктор технических наук, профессор;  
**Игнатов В.И.**, ведущий специалист,  
кандидат технических наук;

**Буряков С.А.**, старший научный сотрудник  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация;*

**Миклуш В.П.**, кандидат технических наук, профессор  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ПОСТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

***Аннотация.** В статье приводятся принципы построения и функционирования ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных товаропроизводителей. Дано рациональное распределение объёмов ремонтно-обслуживающих работ по объектам ремонтно-обслуживающей базы и основные показатели центральных ремонтных мастерских хозяйств.*

***Ключевые слова:** сельскохозяйственные предприятия, ремонтно-обслуживающая база, ремонтные мастерские, распределение объёмов работ, планировка, трудоемкость, табель оборудования.*

### **Введение**

В настоящее время развитие ремонтно-обслуживающего производства происходит в соответствии с учетом тех изменений, которые произошли в отрасли с переходом к рыночному механизму регулирования экономики, и предполагает формирование новых, более эффективных и гибких организационных структур. Участниками и исполнителями технического сервиса машин и оборудования в АПК являются:

– сельскохозяйственные товаропроизводители (сельскохозяйственные производственные кооперативы, агросервисные формирования, крестьянские (фермерские) хозяйства);

– исполнители работ (услуг) технического сервиса (региональные фирменные технические центры заводов-изготовителей (специализированные и многофункциональные), ремонтные заводы, специализированные мастерские и цехи по ремонту машин, оборудования и их составных частей, восстановлению изношенных деталей, районные ремонтно-обслуживающие предприятия, независимые дилерские сервисные предприятия);

– заводы-изготовители сельскохозяйственной техники (тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин (прицепных, навесных), животноводческого и птицеводческого оборудования), заводы - изготовители комплектующих изделий, средств технологического оснащения предприятий технического сервиса.

### **Основная часть**

Обеспечение высокой работоспособности сельско-хозяйственной техники требует создания и четкого функционирования материально-технической базы обслуживания и ремонта машин.

В процессе реформирования экономики наибольшим отрицательным преобразованием подверглась именно система ремонтно-обслуживающей базы АПК [1].

*Ремонтно-обслуживающие подразделения сельскохозяйственных товаропроизводителей и других владельцев техники* в основном сохранили сложившуюся в 90-е годы структуру объектов технического сервиса и состоят из объектов на центральной усадьбе и в подразделениях - филиалах (бригадах и отделениях). Для решения вопросов совершенствования ремонтно-обслуживающей базы важнейшей характеристикой сельскохозяйственного предприятия является показатель наличия техники, в частности, количества тракторов. Группировка сельхозпредприятий в Российской Федерации по количеству тракторов приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Группирование сельхозпредприятий по количеству тракторов в 2016 году

Число сельхозпредприятий, шт.	Среднее количество тракторов в одном сельхозпредприятии, шт.	Количество сельхозпредприятий, %
2016	До 10	10
7661	10-20	38
6653	21-35	33
3024	36-50	15
604	51-75	3
202	76-100	1
20160	–	100

В период 1990 – 2000 г. г. объекты ремонтно-обслуживающей базы (РОБ) сельскохозяйственных предприятий создавались преимущественно по типовым проектам. Группировка предприятий и производств была принята по количеству тракторов в сельскохозяйственных предприятиях. В качестве типовых приняты объекты для предприятий, имеющих 25, 50, 75, 100, 150 и 200 тракторов и соответствующее количество сельскохозяйственных машин (таблица 2). Гаражи для автомобилей приняты по числу автомобилей в сельскохозяйственном предприятии – 10, 25, 60, 100 и 150. Склады для нефтепродуктов по вместимости резервуаров – 40, 80, 150, 300, 600 и 1200 м<sup>3</sup> [1].

Таблица 2 – Основные показатели центральных ремонтных мастерских сельскохозяйственных предприятий

Показатели	Парк тракторов в сельскохозяйственном предприятии					
	25	50	75	100	150	200
Типовой проект	816-1-171.89	816-1-173.89	816-1-175.89	816-1-178.89	816-1-179.89	816-1-180.89
Трудоемкость выполнения работ (годовая), чел.-ч	12201	23624	36330	38349	44503	59336
Общая среднегодовая численность работающих, чел.	9	16	25	29	32	41
в том числе рабочих	6	14	22	23	24	32
Общая площадь, м <sup>2</sup>	1218	1583	1729	1977	2032	2124

Около 70 % сельскохозяйственных предприятий имели объекты ремонтно-обслуживающей базы, построенные по типовым проектам.

При большом количестве комбайнов и других сложных машин (кормо-, свекло- и картофелеуборочных комбайнов) для своевременного ремонта комбайнов во многих из них были построены цеха для ремонта комбайнов на 2, 4 и 6 постановочных мест.

*Ремонтно-обслуживающая база в подразделениях сельскохозяйственных товаропроизводителей (отделениях, бригадах)* включает в себя, как правило, сооружения и площадки, оснащенные оборудованием для проведения первого, второго и сезонного техниче-

ского обслуживания машин, регулировки и комплектования их в агрегаты, стоянки агрегатов и машин между сменами, текущего ремонта несложных сельскохозяйственных машин, хранения закрепленной за подразделением техники. В её состав могут входить мастерская с постом технического обслуживания и складом для хранения снимаемых деталей, пост заправки нефтепродуктами, гараж для стоянки тракторов, площадки для мойки и длительного хранения машин, служебно-бытовые помещения с комнатами для отдыха и приема пищи.

РОБ подразделения создают по проектам, обеспечивающим обслуживание до 40 тракторов и соответствующее количество сельскохозяйственных машин в отделении (бригаде) хозяйства.

В зависимости от размеров обрабатываемых земель, их размещения, наличия на них населенных пунктов, структурных подразделений в составе сельхозпредприятий могут быть три типа структуры ремонтно-эксплуатационной базы: А, Б и В.

Тип А – каждое отделение (бригада) сельхозпредприятия имеет самостоятельный хозяйственный центр, где размещается закрепленная за подразделением техника и организован пункт технического обслуживания (ПТО). РОБ на центральной усадьбе хозяйства включает центральную ремонтную мастерскую, материально-технический склад, машинный двор, автогараж, нефтесклад, административно-бытовое здание и т. д.

Тип Б – на центральной усадьбе находится хозяйственный центр одного отделения (бригады) и базируется закрепленная за отделением (бригадой) техника. В состав РОБ, кроме обязательных объектов (ЦРМ, машинного двора, автогаража и нефтесклада), входит сектор межсменной стоянки машин. Другие отделения (бригады) имеют свои РОБ.

Тип В – все подразделения находятся в одном хозяйственном центре, где базируется вся техника.

Рекомендуемые типы планировок РОБ хозяйств, с учетом имеющегося у них тракторного парка указаны в таблице 3 знаком «+» [1].

Таблица 3 - Типы рекомендуемых планировок ремонтно-обслуживающей базы сельхозпредприятия

Тип ремонтно-обслуживающей базы	Число тракторов в сельхозпредприятии					
	25	50	75	100	150	200
А	–	–	+	+	+	+
Б	–	+	+	+	–	–
В	+	+	+	–	–	–

При техническом обслуживании и ремонте машин для растениеводства на месте их использования следует применять передвижные средства. Они используются в сочетании со стационарными объектами ремонтно-эксплуатационной базы. Потребность в основных передвижных средствах технического обслуживания и ремонта может планироваться из расчета - один агрегат технического обслуживания на 30 тракторов, один механизированный заправочный агрегат на 40 тракторов, одна передвижная ремонтная мастерская на 30 тракторов и одна передвижная диагностическая лаборатория на 160 – 170 тракторов [2].

Для фермерского (крестьянского) хозяйства, имеющего менее десяти тракторов, самоходных машин, рекомендуется ремонтная мастерская фермерского хозяйства на одно постановочное место. Оснащенность такой мастерской ремонтно-технологическим оборудованием, приспособлениями и инструментом должна обеспечивать проведение технического обслуживания машинно-тракторных агрегатов, устранение несложных неисправностей и постановку техники на хранение, с нанесением противокоррозионных покрытий.

*Задание на проектирование и исходные данные для разработки ремонтно-обслуживающей базы.*

В исходных данных на разработку проекта РОБ сельхозтоваропроизводителей должны быть отражены:

- марочный и количественный состав машинно-тракторного парка и оборудования, подлежащих техническому обслуживанию и ремонту;
- планируемая годовая загрузка (наработка) машин и среднегодовой пробег автомобилей;
- объемы ремонтно-обслуживающих работ, выполняемых специализированными предприятиями технического сервиса;
- состав и характеристика действующих в хозяйстве производственных и вспомогательных объектов ремонтно-эксплуатационной базы;

– техническое состояние и загрузка имеющегося ремонтно-технологического оборудования.

*Распределение трудоемкостей работ между ремонтными подразделениями и предприятиями по местам исполнения и по видам работ.*

Объемы работ по техническому обслуживанию и ремонту тракторов, автомобилей, комбайнов, сложной сельско-хозяйственной техники и оборудования животноводческих и птицеводческих ферм и комплексов необходимо распределить между ремонтными подразделениями хозяйства и коммерческими предприятиями технического сервиса.

Рекомендованное распределение объемов работ с учётом перспективы до 2020 года приведено в таблице 4.

В каждом конкретном случае показатели таблицы должны уточняться в зависимости от состояния и перспективы развития ремонтной базы в данном районе и согласовываться с заинтересованными предприятиями.

Распределение трудоемкостей работ производится в соответствии с распределением ремонтно-обслуживающих воздействий по видам машин.

Рекомендуемое внутривозвратное распределение объемов работ приведено в таблице 5.

Для расчета необходимого количества оборудования, численности производственных рабочих различных профессий и площадей производственных участков общую трудоемкость ремонтных работ следует распределить по видам работ для каждого типа техники, намечаемой к ремонту в проектируемом подразделении.

Таблица 4 – Распределение объемов ремонтно-обслуживающих работ по объектам ремонтно-обслуживающей базы в 2014 и 2020 г.г.

Виды выполняемых работ	Доля общего объема, %					
	2014 год			2020 год (прогноз)		
	Ремонтные мастерские владельцев машин	РТП, дилеры и технические центры	Специализированные ремонтные мастерские и инновационные центры	Ремонтные мастерские владельцев машин	РТП, дилеры и технические центры	Специализированные ремонтные мастерские и инновационные центры
1	2	3	4	5	6	7
Техническое обслуживание и текущий ремонт машин, в том числе:	98,1	1,9	-	75,0	25,0	-
тракторы	97,2	2,8	-	70,0	30,0	-
зерноуборочные комбайны	97,7	2,3	-	80,0	20,0	-
тракторы	85,0	8,0	7,0	25,0	30,0	45
зерноуборочные комбайны	91,0	5,0	4,0	34,0	25,0	41
Капитальный ремонт, модернизация машин, их составных частей, восстановление изношенных деталей, в том числе:	78,0	14,0	8,0	19,0	65,0	16
тракторы	71,0	18,0	11,0	7,0	75,0	18
зерноуборочные комбайны	82,0	12,0	6,0	27,0	60,0	13

Таблица 5 – Внутрихозяйственное распределение объемов работ по видам машин

Вид ремонтно-обслуживающего воздействия	РОБ тип А					РОБ тип Б					РОБ тип В			
	ЦРМ	гараж	Машинный двор	РОБ отделения (бригады)	Передвижные средства в поле	ЦРМ	гараж	Машинный двор	РОБ отделения (бригады)	Передвижные средства в поле	ЦРМ	гараж	Машинный двор	Передвижные средства в поле
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>Тракторы и самоходные шасси</i>														
Техническое обслуживание	20	–	–	50	30	40	–	–	40	20	70	–	–	30
Текущий ремонт	60	–	–	30	10	80	–	–	10	10	90	–	–	10
<i>Автомобили</i>														
Техническое обслуживание		100	–	–	–	–	100	–	–	–	–	100	–	–
Текущий ремонт	20	80	–	–	–	20	80	–	–	–	20	80	–	–
<i>Комбайны зерновые и специальные, сложные самоходные, прицепные и стационарные машины</i>														
Техническое обслуживание	20	–	–	35	45	30	–	–	30	40	50	–	–	50
Текущий ремонт	60	–	–	20	20	70	–	–	10	20	80	–	–	20
<i>Жатки, пресс-подборщики, машины по защите растений</i>														
Техническое обслуживание	–	–	–	50	50	–	–	20	40	40	–	–	40	60
Текущий ремонт	30	–	20	20	–	40	–	20	40	–	50	–	50	–
<i>Почвообрабатывающие, посевные и сеноуборочные машины, прицепы, транспортёры</i>														
Текущий ремонт	30	–	20	50	–	40	–	20	40	–	50	–	50	–
<i>Оборудование животноводческих ферм и комплексов</i>														
Текущий ремонт	25	–	–	–	75	25	–	–	–	75	25	–	–	75

Распределение трудоемкостей текущего ремонта по видам работ в процентах от общего объема приведено в таблице 6 [1].

Таблица 6 – Распределение трудоемкости текущего ремонта, %

Виды работ	Тракторы	Комбайны	Сельхозмашины
1	2	3	4
Моечные	2-3	2-3	1-2
Разборочные	14-16	12-14	10-12
Сборочные	28-32	25-28	30-32
Испытательно-регулирующие	7-8	8-9	4-5
Медницко-жестяницкие	3-4	3-4	2-3
Кузнечно-термические	2-3	2-3	7-9
Сварочные	2-3	3-4	5-7
Станочные	8-10	8-10	10-12
Слесарные	14-16	20-24	18-22
Электротехнические	2,5-3	1,5-2	-
Аккумуляторные	1-1,5	1-1,5	-
Ремонт топливной аппаратуры и гидросистем	4-5	2-3	-
Столярно-обойные	0,5-1	1-2	-
Малярные	1-1,5	1,5-2	1-1,5
Шиноремонтные	1-1,5	0,5-1	-
Итого	100	100	100

Главным фактором эффективной работы ремонтной базы хозяйств является её оснащённость ремонтно-технологическим оборудованием. В таблице 7 даны рекомендации по замене устаревшего оборудования, установленного ранее при строительстве мастерских хозяйств на современные модели [2].

Таблица 7 – Рекомендации по замене табеля оборудования для ремонтных мастерских сельхозтоваропроизводителей

Наименование оборудования	Заменяемая модель	Рекомендуемая модель
1	2	3
<i>Кузнечно-прессовое оборудование</i>		
Пресс гидравлический	ОКС-1671А-ГОСНИТИ	Trommelberg SD100803В Пресс гидравлический 12 т ручной
<i>Сварочное оборудование</i>		
Трансформатор сварочный	ТС-300	ТДМ-503
Преобразователь сварочный	ПСО-300М	РесантаСАИ 250 ПН

1	2	3
Генератор ацетиленовый	АСК-1-67	АСП-15
Генератор ацетиленовый	АСМ-1-66	АСП-10
<i>Моечное оборудование</i>		
Машина моечная	ОМ-837Г-ГОСНИТИ	ОМ-35468
Машина моечная	ОМ-947И-ГОСНИТИ	ОМ-35494
Установка насосная для наружной мойки тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин	1112-ГАРО	Моечная машина высокого давления KarcherHD 6/15 CPlus
Ванна моечная	ОМ-1316-ГОСНИТИ	ОМ-35455М
Установка для промывки системы смазки тракторов	ОМ-2871-ГОСНИТИ	КИ-28241ГОСНИТИ
<i>Стенды, приборы и приспособления для диагностики и контроля</i>		
Установки для диагностирования тракторов	КИ-4935-ГОСНИТИ	КИ-4935-ГОСНИТИ
Установки для диагностирования тракторов	КИ-4935-ГОСНИТИ	КИ-4935-ГОСНИТИ
Стенд обкаточно-тормозной для обкатки и испытания двигателей	КИ-1363В-ГОСНИТИ	КИ-28249
Стенд универсальный для испытания, регулировки топливных насосов, подкачивающих помп и фильтров с комплектом «А»	КИ-921-ГОСНИТИ	КИ-35478-1-ГОСНИТИ
Стенд универсальный контрольно-испытательный для проверки электрооборудования	КИ-968-ГОСНИТИ	Э-250М02
Стенд 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	МультиметрDMM-1000
<i>Ремонтно-технологическое оборудование, приспособления и инструмент</i>		
Стенд универсальный для разборки и сборки двигателей	ОПР-989-ГОСНИТИ	Р-500Е
Стенд для разборки и сборки кареток подвески тракторов	ОПР-1402М-ГОСНИТИ	ОПР-1402М-ГОСНИТИ

Продолжение таблицы 7

1	2	3
Станок для шлифовки фасок клапанов	ОПР-823-ГОСНИТИ	Serdi HVR90
Приспособление для сборки муфты управления тракторов	ОПР-1540-ГОСНИТИ	КИ-28163-ГОСНИТИ
Приспособление для сборки муфты сцепления тракторных двигателей	ОПР-2827-ГОСНИТИ	ОПР-2827-ГОСНИТИ
Приспособление для разборки и сборки вала заднего моста тракторов ДТ-75	ОПР-2146-ГОСНИТИ	ОПР-2146-ГОСНИТИ
Приспособление для ремонта и сборки дисковых сошников	ПТ-846-6-10-ГОСНИТИ	ПТ-846-6-10-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
Комплект 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
Комплект оборудования для извлечения срезанных шпилек	ПИМ-490-М-ГОСНИТИ	KINGTOOL KA-8008
Инструмент «Большой набор»	ПИМ-1514А-ГОСНИТИ	JONNESWAY S04H624101S
Инструмент «Малый набор»	ПИМ-1516-ГОСНИТИ	ПИМ-1516-ГОСНИТИ
<i>Подъемно-транспортное оборудование</i>		
Домкрат426М-ГАРО	Trommelberg C107703	
<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

Окончание таблицы 7

1	2	3
Универсальный сверхзвуковой электродуговой металлизатор	-	ЭДМ-9ШД
Аппарат для скоростной электродуговой цементации	-	ЭДУ-2
Универсальная установка для сварки и восстановления деталей типа «Вал» методами наплавки и газотермического напыления	-	Вращатель 35500-ГОСНИТИ

### Заключение

Организационная структура объектов сервиса для сельскохозяйственной техники, определенная на основе современных тенденций развития, предусматривает следующие направления совершенствования:

- собственная ремонтно-обслуживающая база сельскохозяйственных товаропроизводителей;
- дилерские технические центры предприятий-изготовителей техники и универсальные дилерские центры;
- специализированные ремонтные предприятия и инновационные центры высокоресурсного ремонта техники с восстановлением и упрочнением деталей

Предлагаемая информационная и нормативная документация раскрывает цель, задачи и последовательность развития и совершенствования РОБ сельскохозяйственных товаропроизводителей в АПК.

### Список использованной литературы

1. Черноиванов, В.И. Оптимизация ремонтно-обслуживающей базы АПК [Текст]:/ В.И. Черноиванов [и др.], М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 52 с.
2. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 160с.

**Abstract.** The article presents the principles of construction and operation of repair-serving bases of the agricultural producers. This rational distribution of the volume of repair and maintenance works on facilities repair and supports the base and the main indicators of the central repair shops and farms.

**Key words:** agricultural enterprises, the repair and serving base, repair shops, distribution of quantities, layout, complexity, table of equipment.

УДК 631.3.004.8:339.13

**Барташевич Л.В.**, кандидат технических наук, доцент  
**Барташевич А.Л.**, начальник управления сервиса и технической  
экспертизы

*ОАО «Минский тракторный завод», г. Минск, Республика Беларусь;*

**Василевский П.Н.**, старший преподаватель  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА ДИЛЕРСКИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ЦЕНТРАХ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУС»**

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с организацией рационального управления запасами на дилерских технических центрах тракторов «Беларус».*

***Ключевые слова:** дилерский центр, запасные части, системы управления запасами, ABC-XYZ анализ, оптимальный размер запаса, гарантийный запас.*

### **Введение**

В настоящее время в Республике Беларусь сформирована и успешно функционирует сервисная сеть ОАО «МТЗ», которая включает 25 дилерских технических центров, осуществляющих предпродажную подготовку, техническое обслуживание и ремонт тракторов «Беларус» в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации. Географическое расположение подобрано таким образом, чтобы расстояние от потребителя до центра не превышало 100 км, что обеспечивает оперативное устранение отказов в сроки установленные законодательством. При этом 22 технических центра созданы на базе агросервисов, входящих в структуру Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, организации которого являются основными потребителями тракторов «БЕЛАРУС». Работа с такими организациями построена на договорной основе с компенсацией затрат на гарантийное обслуживание и проведение предпродажной подготовки в соответствии с действующим законодательством.

Учитывая жесткие сроки восстановления тракторной техники, особенно в напряженные периоды посевных и уборочных работ,

решающее значение имеет оперативность и качество выполнения услуг и работ, связанных с обеспечением их работоспособности.

Одним из наиболее важных факторов является обеспеченность дилерских технических центров запасными частями, как отечественного, так и импортного производства.

Спрос на запасные части неравномерен в одни и те же периоды времени даже на одну и ту же деталь в пределах одного рынка. Колебания спроса на запасные части объясняются влиянием множества факторов: технических, экономических, климатических, сезонных и других, действие которых приходится учитывать.

Важность задачи обеспечения сельскохозяйственной техники запасными частями определяется прежде всего тем, что при отказе замена элементов происходит в 71 – 90% случаев, а простои техники, связанные непосредственно с доставкой запасных частей, составляли по данным разных авторов от 20 до 50% и более от общего времени простоев по техническим причинам. [2]

### **Основная часть**

В обеспечении запасными частями ОАО «МТЗ» оказывает техническим центрам (ТЦ) оперативную помощь, используя разные формы и методы их поставки. Разработана единая для всех ТЦ система приобретения, хранения и расхода запасных частей, которая является дифференцированной, учитывающей наличие гарантии на эксплуатируемую технику, ее мощность и др.

В настоящее время дилерские технические центры имеют три типа складов [2]:

1. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью до 200 л.с.;
2. Склад запасных частей для гарантийных тракторов мощностью 300-350 л.с. (консигнационный склад).
3. Склад коммерческих запасных частей. центр.

Оптимальное количество запасных частей на дилерском техническом центре рассчитывается с учетом следующих факторов:

- обслуживаемого парка тракторной техники и его остаточного ресурса;
- технически обоснованных норм расхода запасных частей в течение года на одну единицу тракторной техники;
- частоты завоза запасных частей;
- платежеспособности потребителей.

Существует многоуровневая схема поставки запасных частей, предназначенных для хранения: у потребителей; на районном

(межрайонном) уровне; областном (зональном) уровне; региональном (республиканском) уровне.

Расчет норм расхода запасных частей для тракторной техники направлен на предотвращение издержек, связанных с простоями из-за несвоевременного приобретения запчастей, а также с приобретением и хранением излишнего резерва запчастей.

Анализ существующих методик прогнозирования потребности в запасных частях и их оптимального распределения по уровням системы резервирования показывает, что в условиях рыночной экономики требуется разработка новых методических принципов прогнозирования потребности дилерских технических центров в запасных частях не только в соответствии с техническими факторами, но также с учетом рыночного спроса. Для этого необходима согласованность действий как дилеров, оперативно отслеживающих изменение спроса на рынке, так и завода-изготовителя, учитывающего полученные данные для определения производственной программы по выпуску запасных частей.

При решении задачи оптимального комплектования многоуровневой системы обеспечения запасными частями может быть использована методика, основанная на инженерной теории замкнутых систем массового обслуживания и теории управления запасами [1].

Для обоснования номенклатуры запасных частей, сосредотачиваемых на различных уровнях резервирования, производят их деление на классы применительно к широко используемой в практике управления запасами системе *ABC*.

В соответствии с данной системой, резервные элементы делятся на три класса – *A*, *B*, и *C*. К классу *A* относятся наиболее дорогие и массивные элементы, составляющие по номенклатуре незначительное количество (10 – 15%), а по затратам средств на создание и содержание – 60 – 70% суммарных затрат. Класс *C* составляет наиболее многочисленную по количеству номенклатуру элементов (55 – 70%), требующих незначительных затрат средств на содержание (3 – 10%). Номенклатура сменных элементов, не вошедших в классы *A* и *C*, составляет класс *B*.

В пределах каждого класса выбирают оптимальную стратегию управления запасами в системе резервирования.

Следует отметить, что *ABC-анализ* дает возможность оптимизировать номенклатуру запасных частей, но не позволяет оценить сезонные колебания спроса на них.

В практике управления запасами используется так называемый *XYZ-анализ* – инструмент, позволяющий разделить запасные части по степени стабильности продаж и уровня колебаний потребления.

Метод данного анализа заключается в расчете для каждого наименования запасной части коэффициента вариации или колебания расхода. Этот коэффициент показывает отклонение расхода от среднего значения.

В качестве параметра могут быть: объем продаж (количество), сумма продаж, сумма реализованной торговой наценки. Результатом *XYZ-анализа* является группировка запасных частей по трем категориям, исходя из стабильности их поведения:

1) категория *X*, в которую попадают запасные части с колебанием продаж от 5% до 15%, характеризующиеся стабильной величиной потребления и высокой степенью прогнозирования;

2) категория *Y*, в которую попадают запасные части с колебанием продаж от 15% до 50, характеризующиеся сезонными колебаниями и средними возможностями их прогнозирования;

3) категория *Z*, в которую попадают запасные части с колебанием продаж от 50% и выше, характеризующиеся нерегулярным потреблением и непредсказуемыми колебаниями, поэтому, спрогнозировать их спрос невозможно.

Использование совмещенного *ABC – XYZ* анализа имеет ряд значительных преимуществ, к которым можно отнести следующие:

- повышение эффективности системы управления запасными частями;
- повышение доли высокорентабельных запасных частей без нарушения принципов ассортиментной политики;
- выявление приоритетных запасных частей, а также причин, влияющих на их количество, хранящихся на складе;
- перераспределение усилий персонала в зависимости от квалификации и имеющегося опыта.

Вместе с тем применение *ABC – XYZ* анализа обуславливает необходимость сбора статистической информации об изменении величины спроса на запасные части в течение определенного периода времени (года, квартала, месяца).

На практике применяются две основные системы управления запасами, на которых базируются существующее множество остальных систем (производных от основных систем)[3]:

- система с фиксированным размером заказа;
- система с фиксированным интервалом времени между заказами.

В первой системе заказ строго фиксирован и не меняется в течение установленного промежутка времени или сезона ее работы.

Определение его величины является основной задачей, которая решается при работе с данной системой. Размер закупки (заказа) должен быть оптимальным, то есть самым лучшим для определенных условий.

В системе с фиксированным интервалом времени между заказами заказы осуществляются в строго определенные моменты времени, которые отстоят друг от друга на равные интервалы. При этом в данной системе размер заказа – величина переменная.

Для системы с фиксированным интервалом времени между заказами отсутствует необходимость постоянного контроля наличия запасов на складе, так как заказы здесь производятся в соответствии с фиксированным (расчетным) интервалом времени между заказами, то есть согласно графику выполнения заказов.

В практике управления запасами используется также *система «минимум–максимум»* ориентирована на ситуацию, когда затраты на учет запасов и издержки на оформление и доставку заказа соизмеримы с потерями от дефицита запасов. В этой связи ее целесообразно применять для запасных частей, имеющих незначительную величину спроса. Поэтому в рассматриваемой системе заказы производятся не через каждый фиксированный интервал времени между ними, а только при условии, что уровень запасов на складе в этот момент времени оказался равным или меньше установленного минимального уровня. В случае выдачи заказа его размер рассчитывается так, чтобы поставка пополнила запасы до максимально желательного уровня, поэтому данная система работает лишь с двумя уровнями запасов – минимальным и максимальным. Роль минимального уровня в данной системе выполняет пороговый уровень

Рациональное управление материальными запасами предполагает:

1. Определение по отдельным наименованиям запасных частей максимально желаемого уровня запасов; уровня запасов, когда следует делать очередной заказ; минимального уровня запасов на складе, необходимого для предотвращения дефицита при непредвиденных обстоятельствах, например, задержки поставки.

2. Определение требуемого количества заказов, которое необходимо осуществить за установленный период времени.

3. Определение размера заказа.

Очевидно, нельзя найти единую (универсальную) систему управления запасами для всей номенклатуры запасов, так как на складе есть запасные части которое пользуются большим спросом, а другие – малым. В то же время имеются запасные части имеющие практически постоянный спрос с течение времени, а другие наоборот переменный.

Выполненные экспериментальные исследования на базе дилерских технических центров в ОАО «Минскоблагросервис» и ОАО «Солигорский райагросервис» позволили обосновать системы управления и определить оптимальный уровень запасов по основной номенклатуре запасных частей, входящих в гарантийный запас.

В таблице представлен перечень основных запасных частей для комплектования гарантийного запаса к тракторам «Беларус-3022/3522» для дилерского технического центра ОАО «Минскоблагросервис».

Таблица – Комплект запасных частей основной номенклатуры для тракторов «БЕЛАРУС» серии 3000 в гарантийный период эксплуатации

Наименование	№ детали по каталогу	Количество на 10 тракторов
Бугель	3522-2601030	1
Бугель	3522-2601040	1
Вал	2522-4209005	1
Вал	2522-1802040	1
Вал карданный	82.6-4715200-А	1
Винт	2522-4605065-01	1
Блок электронный	КЭСУ-Е6 3761.052	1
Головка соединительная	А29.76.000	1
Диск	2522-1601090	1
Гидроцилиндр	3022-3405110-01	1
Цилиндр рабочий	2522-3503550	2
Гидроусилитель	2022-1602510	2
Диск тормоза	2522-3502015	4
Преобразователь напряжения	ПН14/28 В8А	1
Реле	752.3777-10	1
Коробка передач	2823-1700010-А	1
Корпус сцепления	2823-1600010	1
Муфта привода пвм	2522-1802020	1
Тяга рулевая	2522-3003010А	1
Указатель	85-4608087-Б	1
Трубопровод	2822-1701215	3
Шестерня	2522-2407032	1
Шестерня	2522-2407032-01	1

## **Заключение**

Главная цель определения потребности в запасных частях для дилерских предприятий - правильное формирование ассортимента запасных деталей и своевременное восполнение их запаса в соответствии с запросами непосредственных потребителей.

Для этого дилерским центрам следует систематически изучать спрос (реализованный, неудовлетворенный и формирующийся) в зоне своей деятельности. При этом необходимо:

- выявлять тенденции и оценивать интенсивность развития спроса на запасные части по всей номенклатуре, устанавливать в каждом случае причины его колебаний;
- оценивать степень соответствия ассортимента и качества поставляемых запасных частей спросу потребителей;
- определять объем спроса потребителей по всем номенклатурным позициям запасных частей с учетом возможных изменений конъюнктуры;
- устанавливать причины повышенного или пониженного спроса на запасные части;
- определять возможное влияние на спрос происходящих или наметавшихся изменений в экономике и техническом состоянии парка техники.

Реализация этих задач невозможна без внедрения в практику хозяйственной деятельности современных методов учета материальных запасов, предусматривающих использование информационных систем управления ресурсами организации (*ERP-систем*).

### **Список использованной литературы**

1. Миклуш, В.П. Организация технического сервиса в агропромышленном комплексе: учеб. пособие / В.П. Миклуш, А.С. Сайганов. – Минск: ИВЦ Минфина, 2014. – 667 с.
2. Миклуш, В.П. Обеспечение системы технического сервиса тракторов «Беларус» запасными частями / В.П. Миклуш, Л.В. Барташевич, А.С. Сайганов // Технический сервис в сельском хозяйстве и лесопромышленном комплексе. – 2014. – №2. – С.23 – 28.
3. Дроздов, П.А. Основы логистики в АПК: учебник / П.А. Дроздов. – 2-е издание. – Минск: Изд-во Гревцова, 2013. – 288 с.

**Abstract.** The article discusses the issues related to the organization of efficient inventory management in dealer technical centres of tractors «Belarus».

**Keywords:** dealership, spare parts, inventory control system, ABC-XYZ analysis, the optimal size of the reserve, warranty reserve.

УДК 631.3:658.567.1

**Миклуш В.П.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, профессор;  
**Лисай Н.К.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Карпович С.К.**<sup>3</sup>, кандидат экономических наук, доцент;  
**Сайганов А.С.**<sup>4</sup>, доктор экономических наук, профессор;  
**Герасимов В.С.**<sup>5</sup>, заведующий лабораторией

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

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

<sup>3</sup> Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ;

<sup>4</sup> РНУП «Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси»;

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

## **ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ РЕНОВАЦИОННОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УТИЛИЗАЦИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы, связанные с организацией взаимодействия ремонтно-обслуживающих производств с участками утилизации сельскохозяйственной техники. Так как в процессе утилизации машин и оборудования проводится работа по отбору (дефектации) изношенных деталей (узлов), при создаваемых участках утилизации на ремонтно-обслуживающих предприятиях необходимо обеспечить их восстановление и упрочнение на основе использования инновационных технологий, обеспечивающих ресурс изделий на уровне новых.*

***Ключевые слова:** утилизация, реновационное производство, восстановление, упрочнение, инновационные технологии, высоко-ресурсный ремонт.*

### **Введение**

Ежегодно в Республике Беларусь списывается более 9,0 единиц сложной сельскохозяйственной техники, общей массой более 70,0 тыс. тонн. В структуру компонентов, составляющих конструктивную массу машин, например, трактора МТЗ-80.1, входят: сталь –

53,1 %; чугун – 29,6 %; цветные металлы – 3,6 %; резина – 9,9 %; пластмассы– 1,8 %; стекло – 1,7 %; композитные материалы – 0,3 %.

Утилизация выведенной из эксплуатации сельскохозяйственной техники и оборудования является одной из актуальнейших задач, стоящих в агропромышленном комплексе.

Основные компоненты после завершения жизненного цикла любого объекта (машины, оборудования) подлежат вторичному использованию, однако утилизации обязательно должны предшествовать научно-обоснованное максимальное количество ремонтов и других технических воздействий, повышающих их долговечность.

На рисунке 1 представлена структура жизненного цикла сельскохозяйственной техники, включая утилизацию, где отражены основные технические и экономические воздействия на нее в течение всего периода эксплуатации. Важным моментом в представленной структуре является обоснование возможности проведения утилизационных мероприятий с выбывшей из эксплуатации техники не только на специализированных предприятиях, но и непосредственно на заводах-изготовителях.



Рисунок 1 – Структура жизненного цикла сельскохозяйственной техники, включая утилизацию

Многokратное снижение расхода первичных материалов, энергии, а, следовательно, и снижение загрязнений окружающей среды

обеспечивает реновация технических изделий, отслуживших свой определенный регламентный цикл.

Реализацию реновационного производства целесообразно организовывать непосредственно на специализированных ремонтно-обслуживающих предприятиях, где организован цех (участок) по утилизации сельскохозяйственной техники. Данную работу экономически целесообразно проводить и непосредственно на заводах-изготовителях, так она базируется на существующих методах и способах промышленного производства и потребует минимальных затрат. При этом технологические процессы обработки изделий почти одинаковы для восстанавливаемых деталей и новых, изготавливаемых из первичных ресурсов. Отличие состоит в режимах обработки, в десятках раз меньших объёмах технологических работ и в 15...20 раз меньшей материало- и энергоёмкости.

Создание экологически безопасной системы утилизации сельскохозяйственной техники в сочетании с реновационным производством технических изделий – это экологический прорыв в решении проблемы сохранения среды нашего обитания, поэтому оно заслуживает более пристального внимания в научной, педагогической, производственно-технической, социальной и государственной сфере.

В нынешних условиях глобальной экологической опасности любая деятельность должна быть обоснована в первую очередь экологически. Никакие новые, наукоёмкие и высокие технологии и изделия не могут быть таковыми, если они не удовлетворяют экологическим критериям, которые необходимо разработать и законодательно утвердить.

### **Основная часть**

Особое место в системе ресурсосбережения занимает восстановление изношенных деталей.

Техническая сторона работ по восстановлению деталей состоит в обеспечении их высокого качества, необходимого для улучшения показателей надежности отремонтированных агрегатов, узлов и машин в целом. При этом главные составляющие восстановления – геометрические параметры корпусных и базовых деталей: блоков и головок блока цилиндров, коленчатых и распределительных валов, шатунов двигателей, корпусов трансмиссии, ходовой части шасси.

Исследования ученых показали, что в выбракованных машинах остается деталей, годных для эксплуатации – до 45 %, подлежащих восстановлению – до 50 %. Следует обратить внимание на то, что создание производств для восстановления деталей требует в 2 – 5 раза меньше капитальных вложений, чем производств для изготовления запасных частей. Важное преимущество – малая металлоемкость (необходимо в 20 – 30 раз меньше металла, чем для новых запасных частей).

Восстановление деталей, как правило, исключает экологически разрушительный энергоемкий металлургический цикл производства. При этом восстановление 1 т деталей из стали дает экономию 180 кВт·ч электроэнергии, 0,8 т угля, 0,5 т известняка, 175 м<sup>3</sup> природного газа. Стоимость восстановленных деталей составляет 30 – 50 % стоимости новой детали.

Перечисленные выше преимущества способствовали развитию производств по восстановлению деталей в советское время. Наибольшие объемы восстановления изношенных деталей были достигнуты в 1986 г. Так в Республике Беларусь он составлял более 25 % от стоимости потребляемых запасных частей, а в настоящее время не более 7 – 8 %. Следует отметить, что значительный рост затрат на ремонт, в значительной мере связан со снижением удельного веса восстанавливаемых деталей.

В настоящее время затраты на техническое обслуживание и ремонт находятся в пределах 12 – 13 % от себестоимости произведенной сельскохозяйственной продукции и составляют свыше 20 % в общих затратах на эксплуатацию машин и оборудования.

В структуре затрат на ремонт сельскохозяйственной техники стоимость запасных частей составляет 50 – 70 % и более.

Международная практика свидетельствует, что доля восстанавливаемых деталей в общем объеме потребления запасных частей достигает в зарубежных странах до 30 – 35 %.

Представляет интерес опыт иностранных государств. В таких странах как США, Япония доля восстановленных деталей в новом оборудовании в настоящее время составляет 35 – 40 %. В США для ремонта автомобилей существуют директивы Федеральной торговой комиссии (ФТС) по восстановлению изделий автомобильной промышленности. Номенклатура их расширяется и охватывает до-

рогостоящие и металлоемкие детали, определяющие ресурс работы машины (агрегата) в целом, а также детали, процессы восстановления которых можно легко механизировать и автоматизировать. К ним относятся блоки и их головки, коленчатые валы, гильзы цилиндров, распределительные валы, шатуны, маховики, корпусные детали, валы, шестерни, опорные катки, гусеницы, направляющие и ведущие колеса и др.

Расширение номенклатуры восстанавливаемых деталей – одна из важнейших проблем, которой заняты основные фирмы большинства стран, производящие сельскохозяйственную, дорожно-строительную технику и грузовые автомобили.

За рубежом изношенные, годные к восстановлению детали собирают через широкую сеть дилеров, а также путем обмена отказавших или требующих ремонта агрегатов на новые или отремонтированные, продажей мелкими ремонтными предприятиями крупным заводам или специализированным фирмам изношенных дорогостоящих деталей, годных к восстановлению.

При продаже новых запасных частей или узлов дилеры снижают цены на 20 – 25 %.

В современных условиях вопросы ремонта агрегатов и узлов машин с восстановлением и упрочнением деталей решены на недостаточном уровне, что обуславливает необходимость создания участков нанесения упрочняющих и восстановительных наноструктурированных покрытий на детали машин с использованием электроискровых, денатационно-газовых, лазерных, гальвано-химических, газотермических и других методов. Для каждого метода необходимо обосновать номенклатуру деталей, разработать технологические процессы, изготовить нестандартное оборудование разработать планировочные решения, провести пусконаладочные работы, и обучить обслуживающий персонал.

Учитывая, что в процессе утилизации сельскохозяйственной техники проводится работа по отбору изношенных деталей и узлов, в создаваемых цехах (участках) утилизации на ремонтно-обслуживающих предприятиях должна быть обязательно организована работа по их восстановлению и упрочнению. На рисунке 2 представлена принципиальная схема взаимодействия участков утилизации и восстановления деталей и узлов.



\*ВЭТ – вышедшая из эксплуатации техника

Рисунок 2 – Схема взаимодействия участков утилизации и восстановления деталей

Отечественный и мировой опыт показывают, что во многих случаях качественное восстановление целесообразно не только экономически, но может существенно увеличить ресурс восстановленной детали и механизма в целом. В первую очередь это относится к результатам восстановления базовых деталей, имеющих большую остаточную стоимость и небольшие износы или дефекты. Возможность восстановления, позволяет повторно использовать лимитирующие ресурс машин детали, что является актуальной задачей, поскольку при этом экономятся материальные, трудовые и топливно-энергетические ресурсы.

Высококачественный ремонт сельскохозяйственной техники с использованием деталей, восстановленных по инновационным технологиям, обеспечивающим ресурс не менее 100 % от ресурса новых, является одной из важнейших стратегических задач в системе технической эксплуатации. Следует отметить, что решению этой задачи посвящены исследования многих ученых. При этом главенствующая роль принадлежит ученым ГОСНИТИ.

Одной из последних разработок является технологический проект инновационного центра высокоресурсного ремонта сельскохозяйственной техники на региональном уровне.

Целевая задача инновационных центров – обеспечить сельскохозяйственных товаропроизводителей высокоресурсным ремонтом наиболее сложных и дорогостоящих агрегатов и узлов сельскохозяйственной техники: двигателей, гидравлического оборудования, топливных насосов, агрегатов трансмиссии, гидроусилителей рулевого управления, турбокомпрессоров и др. [1 – 3].

Для обеспечения высокоресурсного ремонта в инновационных центрах предполагается внедрить комплексы соответствующего оборудования с приоритетным развитием участков восстановления и упрочнения деталей, обеспечивающих совокупную экономическую эффективность ремонта сельскохозяйственным товаропроизводителям.

При этом на участках восстановления должны быть внедрены инновационные технологии восстановления блока и головок блока цилиндров, коленчатых валов, шатунов и клапанов двигателей, деталей турбокомпрессоров, золотников гидрораспределителей и других деталей.

На участке упрочнения должны быть внедрены, в первую очередь, технологии упрочнения часто заменяемых деталей почвообрабатывающей, посевной и кормозаготовительной техники.

Уникальность данного проекта состоит в использовании современных методов нанесения покрытий с улучшенными физико-механическими свойствами за счет использования концентрированных источников энергии и получения нанодисперсных частиц, обеспечивающих повышение износостойкости деталей в 2 – 6 раз.

Существующие методы нанесения покрытий не обеспечивают значительное повышение износостойкости и, как правило, ресурс отремонтированных узлов и агрегатов составляет 0,5 – 0,6 от ресурса новых. Отремонтированные узлы и агрегаты машин с использованием упрочненных деталей будут иметь 100 %-ный ресурс и стоимость их будет составлять не более 30 – 60 % от стоимости новых узлов и агрегатов. В Российской Федерации предполагается создать 15 центров, расположенных в различных регионах страны с учетом концентрации техники и наличием существующих ремонтно-технических предприятий.

В Республике Беларусь целесообразно рассмотреть вопрос о создании аналогичных центров на региональном уровне (по одному в области) используя технический потенциал имеющихся ремонтных предприятий

Создаваемые центры будут также использовать утилизированные узлы и агрегаты изношенной техники, полученные в соответствии с программой ее утилизации, а также детали импортной техники.

При определении параметров технического состояния деталей и узлов утилизируемой техники, включаются:

- параметры технического состояния – различные физические величины, характеризующие работоспособность машины, узла, агрегата;
- структурные параметры – размер износа, зазоры, мощность, твердость поверхности детали и т. д.;

- предельное значение параметра: определяет работоспособность машины и ее составных частей;
- ресурсный параметр: определяет предельное значение, приводящее к потере работоспособности машины;
- органолептические методы: оценка технического состояния машин на использование чувств человека (это субъективный метод);
- визуальный метод: определяет функциональные нарушения технического состояния машины по наличию течи топлива, воды, масла, цвета выхлопных газов и т. д.;
- инструментальный метод: основан на применении специальных измерительных средств контроля, позволяющих эффективно и быстро определять техническое состояние утилизируемой машины.

Предлагаемые технологии восстановления деталей компенсируют износ детали и требуют незначительного количества металла, а при некоторых технологиях (пластическая деформация, термопластическая деформация) дополнительный металл вообще не требуется.

В исследованиях ряда авторов показано, что при весовом износе машины 0,4 % она становится неработоспособной. По деталям прецизионной группы критический износ составляет 0,02 – 0,01 % от веса детали. Из приведенных данных следует, что 99 % металла сохранено в детали, при производстве которых уже привнесено значительное загрязнение. И если изношенные детали направить на переплавку, то металлургический процесс принесет значительные загрязнения окружающей среды.

В исследованиях показано, что при восстановлении коленчатого вала двигателя выбросов 19 раз меньше, чем при его изготовлении. Если сравнить изготовление машины и ее капитальный ремонт, то в среднем выбросы вредных веществ в 250 раз больше при изготовлении, чем при ремонте.

Необходимо особо отметить экономическую эффективность восстановления, при котором практически исключается энергоемкий металлургический цикл производства.

Создаваемые инновационные центры обеспечат восстановление наиболее дефицитных деталей для ремонта узлов и агрегатов как отечественной, так и зарубежной техники.

Номенклатура восстановленных деталей на разрабатываемом центре может составлять до 1200 наименований. Ниже приводятся технические характеристики участков, которые могут входить в состав инновационного центра.

***Участок ремонта гидравлических агрегатов.***

На данном участке будет организован ремонт гидрораспределителей, гидроцилиндров гидронасосов, аксиально-поршневых насосов и гидроусилителей рулевого управления с восстановлением и упрочнением изношенных деталей электроискровой обработкой.

Стоимость ремонта агрегатов с восстановлением и упрочнением деталей составит 50 % от стоимости новых агрегатов с обеспечением 100 %-го ресурса.

***Участок восстановления коленчатых валов.***

На данном участке предполагается восстанавливать изношенные шейки коленчатых валов автотракторных двигателей, включая импортные детонационно-газовым методом, который превосходит по техническим характеристикам другие методы газотермического напыления. Отличительной его особенностью является высокая скорострельность детонационной пушки – 20 выстрелов в секунду и за счет высокой скорости напыляемых частиц, превышающей на порядок адгезию покрытия по сравнению с плазменными и газоплазменными методами.

***Участок лазерной наплавки и термоупрочнения.***

На данном участке предполагается выполнять работы по упрочнению рабочих органов сельскохозяйственных машин (лемех, лапы, диски) методом наплавки порошковыми материалами.

Тип лазера – твердотельный, диодный;

*Основные характеристики комплекса:*

- производительность – до 5 кг/ч;
- рабочие газы – аргон и воздух;
- максимальная потребляемая мощность комплекса – 30 кВт;
- наплавляемые материалы – сплавы на основе Ni, Co, Fe, цветные металлы и сплавы;
- материалы, на которые можно наплавлять – стали, с содержанием углерода менее 0,8 %, медь, никелевые, кобальтовые, сплавы на основе алюминия, меди и др.
- КИМ – до 95 %.

*Основные характеристики получаемых покрытий:*

- толщина наплавки (0,5 – 15 мм и более);
- глубина проплавления (10 – 500 мкм);
- степень перемешивания (не более 1 %);
- твердость (до 64 HRC);
- сплошность покрытия – 100% (после отработки технологии);
- прочность сцепления – металлургическая связь.

Выполненные научно-исследовательские работы по упрочнению рабочих органов сельскохозяйственных машин показали высокую эффективность лазерной наплавки. Износостойкость наплавленных деталей лазером увеличивается в 2 раза.

На рисунке 3 представлены фрагменты восстановления отдельных деталей и узлов сельскохозяйственных машин, технологии по которым разработаны в ГОСНИТИ.



Рисунок 3 – Фрагменты восстановления и упрочнения отдельных деталей сельскохозяйственной техники

Особое место в предлагаемых инновационных технологиях восстановления и упрочнения деталей сельскохозяйственной техники занимают **электроискровые методы обработки (ЭИО)**.

Важным достоинством ЭИО является отсутствие значительного теплового влияния на деталь в процессе обработки, что свойственно сварочно-наплавочным способам; поэтому исключена тепловая остаточная деформация детали. Этот метод обладает высокой универсальностью и эффективностью при решении задач машиностроительного и ремонтного производства.

Характерной особенностью внедряемых технологий является нанесение покрытий на изношенные поверхности под размер, с

минимальным съемом нанесенного металла при последующей механической обработке или вообще без этой обработки.

При назначении технологии восстановления размеров или упрочняющей обработки руководствуются тем, что придание необходимых эксплуатационных свойств обрабатываемой поверхности обеспечивается применением электродных материалов с соответствующими физико-механическими свойствами, а получение требуемой толщины покрытия – путем подбора электрического режима.

### **Заключение**

Создание экологически безопасной системы утилизации сельскохозяйственной техники в сочетании с реновационным производством технических изделий – экологический прорыв в решении проблемы сохранения среды нашего обитания, заслуживающий более пристального внимания в научной, педагогической, производственно-технической, социальной и государственной сфере.

Реализацию реновационного производства целесообразно организовывать непосредственно на специализированных ремонтно-обслуживающих предприятиях, где организован цех (участок) по утилизации сельскохозяйственной техники.

### **Список использованной литературы**

1. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения: науч. издание / С.А. Соловьев и др. – М.:ФБГНУ «Росинформротех», 2015. –172 с.
2. Инновационные проекты и разработки в области технического сервиса: науч. издание. – М.: ФГНУ «Росинформротех», 2010. – 96 с.
3. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники: научное издание. – М.:ФБГНУ «Росинформротех», 2014. – 160 с.

**Abstract.** The article discusses issues related to the organization of interaction with the repair and service industries with areas of recycling of agricultural machinery. As in the process of utilization of machinery and equipment carries out work on selection (fault detection) worn parts (nodes), with plots generated in the recycling of repair-serving enterprises need to ensure their restoration and strengthening through the use of innovative

**Key words:** recycling, renovation production, restoration, stabilization, innovative technologies, high-life repair.

УДК 631.3-77

**Науменко О.А.**, кандидат технических наук, профессор;

**Науменко А.А.**, кандидат технических наук, доцент  
*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
им. П. Василенка, г. Харьков, Украина*

## **АНАЛИЗ СЕЗОННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ**

***Аннотация.** В статье рассматривается проблема управления реализацией запасных частей к сельскохозяйственной технике. Проводится анализ сезонности заказов в различных подразделениях (филиалах) компании по продажам запасных частей.*

***Ключевые слова:** запасные части, спрос, сезонность, реализация, коэффициент сезонности, ABC-XYZ анализ, управление запасами.*

### **Введение**

Реализация запасных частей на протяжении многих лет не рассматривалась как один из основных видов бизнеса. Заводы придерживались тенденции, что их главная статья доходов – это производство новой техники. Поэтому изготовление и реализация запасных частей традиционно считалось как дополнительная обуза с соответствующим отношением к их регулярности и качеству изготовления. Это приводило к дефициту запасных частей в сфере обслуживания и эксплуатации техники, особенно в аграрном секторе в период сезонной подготовки техники к полевым работам.

На заводах процветала спекуляция, воровство, бартерные взаимозачеты.

Соответственно и рыночной товаропроводящей сети, потребительских услуг в области реализации запасных частей практически не существовало.

Переход на новые рыночные отношения с одной стороны стимулировал создание сети предпринимателей и компаний, которые занимаются только реализацией запасных частей, с другой стороны заводы ощутили, что прибыльность в производстве запасных час-

тей выше, чем даже в производстве готовой техники. Однако этот высокодоходный бизнес требует системного подхода.

Поэтому в последние годы появилась необходимость в разработке новой концепции реализации запасных частей, возрос интерес к различным вопросам обоснования потребности в запасных частях. Среди них одним из важных и сложных является учет сезонности в заказах на запчасти.

### **Основная часть**

В период плановой экономики, когда доводились до хозяйств четкие сроки подготовки сельскохозяйственной техники к сезонам полевых работ, соответственно и поставки запасных частей планировались на октябрь-ноябрь для почвообрабатывающих машин, на декабрь-январь для тракторов и автомобилей и на январь-март для уборочной техники. В настоящее время фермеры и сельхозпроизводители самостоятельно планируют свою работу и это, безусловно, влияет на периоды заказов запасных частей.

Поэтому для того, чтобы оценить влияние сезонности на реализацию запасных частей был проведен анализ деятельности компании, занимающейся поставками агрегатов, узлов, деталей и материалов к сельхозхозяйственной технике.

Компания на рынке запасных частей больше 10 лет. Примерно 30% объема продаж приходится на сельхозпроизводителей, 20% на ремонтные мастерские и около 50% на посредников.

Компания осуществляет торговлю как «оригинальными» запасными частями – поставляемыми заводами-производителями техники или их партнерами по заводским чертежам, так и «неоригинальными» запчастями, поставляемыми предприятиями, которые изготавливают преимущественно по своей документации, а также детали и узлы изготовленные по документации разработанной специалистами компании.

Отправка грузов составляет до 600 килограммов в день в сезонные подъемы и до 350 кг/день в период относительных спадов поставок.

Компания состоит из основного офиса, на который приходится 85,5% оборота и двух филиалов: магазин в райцентре и места контейнерной торговли на авторынке, на которые приходится, соответственно 7,2% и 7,3% оборота.

Предварительный анализ показал, что спрос на запасные части к тракторам возрастает в период февраль-май и сентябрь-ноябрь, а к комбайнам в период июнь-август. Заказы на запасные части к сельхозмашинам с небольшими колебаниями наблюдается на протяжении всего года.

Для оценки помесячного колебания спроса на запасные части использовался коэффициент сезонности, который представляет собой отношение объема продаж в конкретном месяце к среднемесячному объему продаж в анализируемом году (таблица).

Таблица – Коэффициенты сезонности реализации запасных частей

	средний объем продаж за месяц, тыс. грн	месяцы											
		январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
Всего по компании	878,2	0,53	0,87	1,33	1,20	1,17	0,92	1,01	1,08	1,21	0,85	0,95	0,88
в т.ч. центральный офис	751,4	0,56	0,89	1,28	1,22	1,21	0,91	1,06	1,05	1,22	0,79	0,91	0,90
филиал на периферии	62,7	0,28	0,52	0,81	1,39	1,13	1,24	1,13	1,05	1,14	1,46	1,27	0,58
контейнерное место на рынке	64,2	0,34	0,95	2,53	0,75	0,77	0,78	0,36	1,34	1,11	0,92	1,10	1,05

Как видим из графика (рисунок) расположение объекта реализации запасных частей существенно влияет на сезонность продаж. Наибольшим колебаниям подвержены продажи в контейнерном месте на авторынке.

Пики покупательской активности приходятся на март и август (коэффициенты сезонности 2,53 и 1,34), а резкое падение на январь, июнь (коэффициенты 0,34 и 0,36).

Магазин запасных частей расположенный на периферии (райцентре) имеет пики продаж в апреле и октябре и стабильный объем реализаций в летние месяцы.

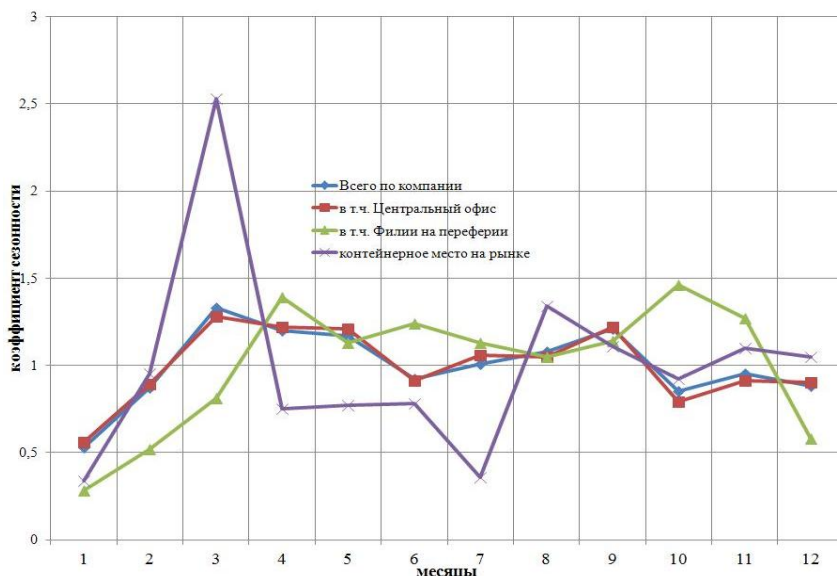


Рисунок – Изменение коэффициента сезонности реализации запасных частей в течении года.

Реализация через центральный офис отличается наибольшей стабильностью. Однако наблюдается повышение спроса на запасные части в марте и сентябре. Относительный спад в июне.

Таким образом сезонность существенно влияет на объем реализации запасных частей и ее учет существенно может повысить эффективность деятельности магазина запчастей.

Анализ сезонности продаж необходимо проводить в каждом конкретном случае размещения предприятия. ABC анализ на принципе Паретто может быть эффективнее с учетом сезонности реализации.

### Заключение

Расположение объекта реализации запасных частей существенно влияет на сезонность продаж. При этом наибольшим колебаниям подвержены продажи в контейнерном месте на авторынке. Магазин запасных частей расположенный в районном центре имеет пики продаж в апреле и октябре и стабильный объем реализаций в летние месяцы. Наибольшей стабильностью отличается реализация через центральный офис. Вместе с тем наблюдается повышение

спроса на запасные части в марте и сентябре и относительный спад в июне.

Для оптимального управления запасами и выбора места дислокации объекта реализации необходимо на практике использовать логистические подходы, основанные на ABC-XYZ анализе и принципе закона Паретто.

#### Список использованной литературы

1. Материально-техническое обеспечение агропромышленного комплекса. – М.: Известия, 2002. – 464с.
2. Агафонов, А.В. Определение потребности дилерских станций технического обслуживания автомобилей в запасных частях и повышение эффективности управления запасами: дис. канд. техн. наук.: 05.22.10 / М. 2003. – 221 с.
3. Волгин, В.В. Продавец запасных частей. – М.: Дашков и К, 2007. – 608 с.

**Abstract.** The article deals with the problem of managing the implementation of spare parts for agricultural machinery. Seasonality of orders is analyzed in various divisions (branches) of the company in sales of spare parts.

**Keywords:** spare parts, demand, seasonality of sales, the seasonality coefficient, of the ABC-XYZ analysis, inventory management.

УДК 004.9; 621.9

**Акулович Л.М.**, д.т.н., профессор

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

**Ермашкевич Д.Б.**, заместитель директора

*НПООО «ЛАКШМИ», г. Минск, Республика Беларусь*

## **АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ МЕТАЛЛОПРОКАТА**

**Аннотация.** В статье рассматривается методика принятия технологических решений при сквозном компьютерном проектировании процессов изготовления деталей сельскохозяйственной техники с использованием автоматизированной системы.

**Ключевые слова:** технологический процесс, САПР ТП, структурный синтез техпроцессов, механическая обработка, раскрой металлопроката, термическая и лазерная резка, раскладка, КТЭ, функциональные модули.

**Annotation.** In the article the technique of adoption of technological solutions with through computer design of manufacturing processes of agricultural machinery components using an automated system.

**Keywords:** technological process, CAPP system, structural synthesis of technological processes, machining, metal nesting, thermal and laser cutting, layout, CTE, functional modules

### **Введение**

Многие из быстроизнашиваемых деталей сельскохозяйственной техники (ножи, диски, лемехи, зубья и т.п.) в технологическом плане являются более сложными, чем в конструктивном [1], что приводит к увеличению работ, связанных с технологической подготовкой его производства, объем которой составляет около 50% от всего объема работ по технической подготовке производства.

Качество технологических процессов напрямую зависит от уровня технологической подготовки производства, в которой специалист-технолог продолжает играть главную роль, несмотря на всё более широкое использование компьютеризированных систем проектирования. Это обусловлено тем, что разработка технологии

изготовления является процессом многовариантным, трудно формализуемым, часто скорее творческим, чем алгоритмизируемым. Освобождение технолога от рутинных работ, которые можно формализовать, на стадии проектирования техпроцесса – важнейшая задача, которую призваны решать современные системы автоматизированного проектирования (САПР).

Структура производства машиностроительных и ремонтных предприятий сельскохозяйственной техники различается по составу имеющихся технологических переделов, однако типичным для всех предприятий является: раскрой листового проката на гильотинных ножницах или на машинах термической резки (МТР), лазерных установках, раскрой круглого и профильного металлопроката на разрезных станках (ленточно-отрезных, абразивно-отрезных, фрезерно-отрезных станках), холодная штамповка, термическая обработка, механическая обработка, лакокрасочные и гальванические покрытия [2]. Отсюда следует, что автоматизация технологического подготовки по этим переделам и позволит максимально снизить трудоемкость технологического проектирования.

Автоматизация проектирования технологических процессов реализована в системах автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП). В настоящее время на рынке предлагается большое количество САПР ТП с различными функциональными возможностями и уровнем автоматизации проектных процедур. Существующие САПР ТП как отечественные (Pramen, TechCARD), так и зарубежные (T-Flex Технология, Компас Автопроект и Вертикаль) достаточно эффективно решают задачи автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления деталей машин по различным технологическим переделам (механическая обработка, холодная штамповка и др.), различаются предметной ориентацией и уровнем автоматизации.

В существующих САПР ТП реализованы следующие методы проектирования: автоматический, полуавтоматический, «по аналогу» и интерактивный (диалоговый), разновидностью которого является проектирование методом структурного синтеза с использованием конструктивно-технологических элементов (КТЭ).

Для деталей, поддающихся группированию в технологические группы, используют автоматический метод проектирования, а для

деталей сложной конфигурации, не поддающихся группированию в технологические группы, – диалоговый метод, в том числе метод структурного синтеза.

Общим недостатком САПР ТП является невозможность комплексного использования одновременно нескольких методов проектирования. Решить эту проблему возможно, используя сразу несколько САПР ТП под соответствующие виды деталей. Но такой подход является нецелесообразным по следующим причинам:

- пользователю системы потребуется приобретать несколько различных систем, что усложняет и удорожает проектирование;
- необходимо создание нескольких баз данных и архивов спроектированных техпроцессов;
- у пользователя могут появиться проблемы интеграции систем и вытекающие отсюда организационные сложности.

Другой путь решения проблемы – совершенствование методов проектирования и представления технологической информации, которые составляют базовую основу режимов проектирования в САПР ТП. А также разработка и реализация комбинированного метода проектирования, совмещающего в себе все известные методы.

По трудовым затратам при технологическом проектировании превалирует трудоемкость разработки технологических процессов механической обработки и фигурного раскроя листового металлопроката на машинах термической резки.

Поэтому, возникает необходимость в разработке инструментов принятия технологических решений при автоматизированном проектировании технологии фигурного раскроя профильного металлопроката и последующей механической обработки. Сложность заключается в том, что ни одна из известных САПР не осуществляет сквозное проектирование технологических процессов, включая раскрой металлопроката, механическую обработку и другие переделы. САПР раскроя обособлены, часто поставляются в комплекте с технологическим оборудованием или входят в состав графических пакетов. Это в свою очередь накладывает ограничения на использование этих систем в сквозном цикле проектирования с другими переделами (в частности, механической обработкой). Решение данной проблемы кроется в разработке метода структурного синтеза операций термической резки и последующей механической обработки. Поэтому возникает потребность в разработке интегрированной системы для сквозного проектирования, что позволит

избежать основного недостатка использования автономных модулей, а именно, исключить многократный «ручной» ввод одинаковых исходных данных и минимизировать возможные при этом ошибки, сократить время на проектирование.

### **Основная часть**

В рамках задания ГНТП «Информационные технологии» была создана и внедрена на базовом предприятии ОАО «Минский Агросервис» автоматизированная система подготовки производства предприятия по выпуску оборудования для механизации сельскохозяйственных работ. В состав автоматизированной системы вошли единая база данных технологического назначения, программные модули для управления составом изделия, сквозного проектирования технологии фигурного, прямоугольного и линейного раскроя профильного металлопроката, механической обработки, холодной штамповки, сварки, нанесения гальванических и лакокрасочных покрытий, управления спроектированной технологической документацией.

Программные модули по запросу выбирают состав изделия, характеристики узлов и деталей из архива изделий автоматизированной системы. Далее для разработки документации по технологическим переделам используются условно-постоянные параметры единой базы данных технологического назначения, с возможностью их дополнения и (или) редактирования. Результаты работы модулей передаются в архив технологических процессов интегрированной системы.

Фрагмент структурной схемы автоматизированной системы приведен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Фрагмент структурной схемы автоматизированной системы

Принятие технологических решений по проектированию сквозных технологических процессов было направлено на реализацию следующих задач автоматизации:

- для деталей, поддающихся группированию по конструкторско-технологическим признакам, – проектирование в автоматическом методом на базе комплексных технологических процессов с доработкой (при необходимости) диалоговым методом с использованием (или без использования) метода структурного синтеза;

- для деталей, не поддающихся группированию по конструкторско-технологическим признакам или не обеспеченных КТП по тем или иным причинам, – проектирование диалоговым методом, в том числе методом структурного синтеза с использованием КТЭ;

- для деталей, у которых одна часть конструкторско-технологических элементов поддается группированию, а другая – не поддается, – проектирование комбинированным методом, при котором первая часть технологического процесса формируется автоматическим методом, другая часть – диалоговым методом, в том числе методом структурного синтеза с использованием конструкторско-технологических элементов, обработка которых не предусмотрена в КТП;

- для деталей, входящих в технологическую группу, – проектирование методом «по аналогу», при условии наличия в САПР ТП спроектированного ранее технологического процесса на деталь-аналог.

Принятие технологических решений по совмещению фигурного раскроя листового металлопроката на машинах термической резки и последующей механической обработки реализовано методом структурного синтеза с использованием базы данных КТЭ, которая была разработана на основании библиотеки КТЭ. В библиотеку КТЭ вошли 46 видов различных поверхностей (плоские, отверстия, пазы, канавки и т.д.) со схемами их обработки с учетом операций лазерной и плазменной резки, а также граничными условиями выбора оптимальных схем обработки в зависимости от требуемой точности. При формировании библиотеки КТЭ заимствованы также лучшие технологические решения из САПР «PRAMEN».

Граничные условия выбора операций плазменной и лазерной резки в технологический процесс, которые были определены экспериментальным путем, приведены в таблице.

Таблица – Граничные условия выбора операций плазменной и лазерной резки

Вид поверхностей	Плазменная резка	Лазерная резка
Плоские поверхности	$16 \text{ мм} < S \leq 60 \text{ мм}$ ; квалитет не точнее <i>IT13</i> ; шероховатость до <i>Ra12.5</i> ;	$S \leq 40 \text{ мм}$ ; квалитет не точнее <i>IT12</i> ; шероховатость до <i>Ra2.5</i> ;
Сквозные цилиндрические отверстия	$16 \text{ мм} < S \leq 60 \text{ мм}$ ; $D1 \geq (0.9..1.4)S$ ; квалитет не точнее <i>H14</i> ; шероховатость до <i>Ra12.5</i>	$S \leq 40 \text{ мм}$ ; $D1 \geq (0.3..0.4)S$ ; квалитет не точнее <i>H12</i> ; шероховатость до <i>Ra2.5</i>

Результаты исследования показывают, что для обработки неточных отверстий диаметром от 16 мм до 40 мм допускается применение плазменной резки вместо лазерной.

Фрагмент библиотеки КТЭ приведен на рисунке 2.

<p>КТЭ – отверстие цилиндрическое в сплошном материале на плоской поверхности</p> 	$D1 \leq \Phi 30$ квалитет <i>H12</i> и ниже $D1 \geq (0.3..0.4)S$ $S \leq 40 \text{ мм}$ $Ra \geq 2.5$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сверление</li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 1</math></li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 2</math></li> <li>– лазерная резка</li> </ul>
	$\Phi 3 \leq D1 \leq \Phi 30$ квалитет <i>H14</i> и ниже $D1 \geq (0.9..1.4)S$ $16 \text{ мм} < S \leq 60 \text{ мм}$ $Ra \geq 12.5$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Сверление</li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 1</math></li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 2</math></li> <li>– плазменная резка</li> </ul>
	$D1 = \Phi 30; \Phi 50$ квалитет <i>H12</i> и ниже $D1 \geq (0.3..0.4)S$ $S \leq 40 \text{ мм}$ квалитет <i>H12</i> $Ra \geq 2.5$	<ul style="list-style-type: none"> <li>– сверление под рассверливание</li> <li>– рассверливание окончательное</li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 1</math></li> <li>– зенкование фаски <math>\Phi 2</math></li> <li>– лазерная резка</li> </ul>

Рисунок 2 – Фрагмент библиотеки КТЭ

Рассмотрим автоматизированное проектирование технологии изготовления детали «Планка», 3Д-модель которой приведена на рисунке 3, а эскиз – на рисунке 4.

Проектирование технологии изготовления детали Планка в автоматизированной системе выполнено с использованием объектно-ориентированных модулей фигурного раскроя и механической обработки.

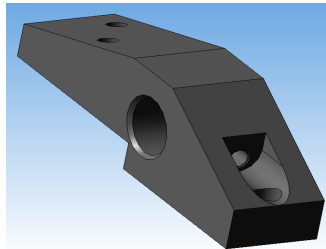


Рисунок 3 – 3Д-модель детали Планка в рабочем пространстве графического пакета КОМПАС 3D

Маршрут изготовления детали в виде дерева в автоматизированной системе приведен на рисунке 5.

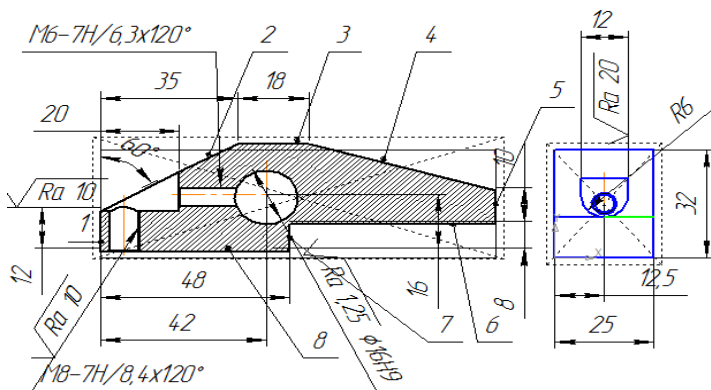


Рисунок 4 – Фрагмент эскиза детали Планка

Фрагмент спроектированного выходного технологического документа – маршрутная карта приведен на рисунке 6.

Диалоговое проектирование [Деталь : ПЛАНКА ЗМП503.140.416.00]

Расчет Проект Правка

Технологический процесс с оснасткой Оборудование Данные для выбранного элемента

- Перемещение
- Отрезная плазменная
- Маркирование
- Закалка (улучшение)
- Маркирование
- Вертикально-фрезерная
  - Установить и закрепить заготовку в тисках
  - (-) фрезеровать поверхность, выдерживая размер 32.5 (-0.62)
  - фрезеровать поверхности, выдерживая размер 25
    - ОПРАВКА 6222-0035 ГОСТ 13785-68
    - ФРЕЗА 2214-0001 45-1 Т15К6 ГОСТ 24359-80
  - (-) Переустановить заготовку
  - (-) фрезеровать поверхность, выдерживая размер 36 (-0.62)
  - фрезеровать поверхности, выдерживая размер 32
  - (-) фрезеровать поверхность, выдерживая размер 110 (-0.87)
  - (-) Переустановить заготовку
  - фрезеровать поверхности, выдерживая размер 100
  - Снять и уложить деталь в тару
- Слесарная
- Разметка
- Вертикально-фрезерная

УСТ. ПЛАЗМ. РЕЗКИ  
ВЕРСТАК (9. Ц)  
(Т. Ц)  
ВЕРСТАК (Т. Ц)  
6Н13П

ВЕРСТАК (0. Ц)  
РАСМ. ПЛИТА  
6Н13П

Оснастка Режимы (универсальное) Норм. Ц

Фрезеровать поверхности, выдерживая размер 25

Характеристики	Значение
Расчетный размер D или	56.000
Расчетная длина L	183.000
Глубина резания t	7.500
Число проходов i	2
Подана S	300.000
Число оборотов N	375.000
Скорость V	65.973
Время To	1.393
Время Tв	2.800

Рисунок 5 – Фрагмент маршрута изготовления детали Планка в виде дерева в автоматизированной системе

*Секция 1 - Технический сервис машин и оборудования*

ГОСТ 3.1118-82 ФОРМА 1 САПР																	
ЛУЧ.																	
ЭЗМ.																	
ПОДЛ.																	
РАЗРАБ.									11	1							
ПРОФ.																	
ОАО «Минский Агросервис»						ЗМП503.140.416.00											
УТВ.																	
Н.КОНТР.																	
<b>ПЛАНКА</b>																	
M01	ПОЛОСА	40	X	[ДЛГ]	ГОСТ	103-76/СТАЛЬ	45	ГОСТ	1050-88								
M02	КОД	ЕВ	МД	ЕН	Н.РАСХ	КИМ	КОД.ЗАГОТ	ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ	КД	МЭ							
A	ЦЕХ	Уч	РМ	ОПЕР	КОД.НАИМЕНОВАНИЕ	ОПЕР.		Полоса 40x40x120	1	1,507							
B	КОД. НАИМЕНОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ						СМ	ПРОФ	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	КШГ	ТИЗ	ТИТ
A 03	001 Перемещение																
B 01																	
O 04	Доставить материал на заготовительный участок																
A 05	002 Плазменная резка																
B 02	VANAD Pгохiлa							3	2	1	1	1	1	1,40	0,22	0,02	
O 06																	
O 07	Вырезать заготовки, выдерживая размеры 40 x 120(+0.80)																
T 08																	
T 09	ШТАМПЕНЦИРКУЛЬ шц-II-250-0.1 ГОСТ 166-89																
A 10	003 Маркирование																
B 03	ВЕРСТАК							2	2	1	1	1	1	1,00	0,01		
O 11	Маркировать заготовку																
A 12	004 Закалка																
B 04																	
MK																	

Рисунок 6 – Фрагмент маршрутной карты изготовления детали Планка

### Заключение

Предложенные технологические решения позволили разработать программное обеспечение САПР ТП и автоматизировать сквозное проектирование технологических процессов при совмещении всех технологических переделов, включая механическую обработку, холодную штамповку, сварку, нанесение гальванических и лакокрасочных покрытий, раскрой профильного металлопроката на машинах термической резки, гильотинных ножницах и отрезных станках, что обеспечивает:

- сокращение сроков подготовки производства на 20 – 25 %;
- экономию металлопроката на 5 – 10%.

Система автоматизированного проектирования внедрена на ОАО «Минский Агросервис».

#### Список использованной литературы

1. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: учебник / А.В. Новиков [и др.]; под ред. А.В. Новикова; – Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2012. – 512 с.

2. Филонов, И.П. Проектирование технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для вузов / И.П. Филонов [и др.]; под ред. И.П. Филонова. – Минск : Технопринт, 2003. – 910 с.

УДК 631.1

**Акулович Л.М.**, д.т.н., профессор;

**Дечко М.М.**, к.т.н., доцент;

**Ворошухо О.Н.**, инженер

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

## **УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ РЕЗАНИЯ ПРИ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ**

***Аннотация.** В статье рассмотрен метод интенсификации процесса резания при магнитно-абразивной обработке поверхностей деталей сельскохозяйственных машин путём импульсного воздействия энергией магнитного поля на режущий инструмент.*

### **Введение**

Формирование геометрических и физико-механических свойств поверхностей деталей сельскохозяйственной техники происходит на финишных операциях их обработки как при изготовлении, так и при ремонте. Величина и форма микронеровностей на рабочих поверхностях деталей оказывает существенное влияние на износостойкость трущихся поверхностей. В производстве доминирующим отделочным методом является механическая абразивная обработка, которая нередко является единственно возможным методом обеспечения требуемого качества поверхности. Уменьшение микронеровностей обеспечивает более благоприятный микропрофиль, облегчающий трение и снижающий износ сопрягаемых поверхностей. Одним из перспективных способов финишной обработки является магнитно-абразивная обработка (МАО), при которой зерна абразива в незакрепленном состоянии более полно используют свои режущие способности, так как происходит нивелирование их рабочих кромок относительно обрабатываемой поверхности, а также переориентация и перемещение частиц абразивного порошка в процессе обработки [1]. Для реализации МАО не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править, что в 2 – 3 раза снижает затраты на инструмент. Особенностью МАО является ориентированное

абразивное резание и возможность изменять давление частиц абразивного порошка на обрабатываемую поверхность заготовки путем управления величиной магнитной индукции в рабочем зазоре. По сравнению с другими способами абразивной обработки МАО обладает рядом преимуществ, включая низкую величину скорости резания и температуру (до 200°С) в зоне резания, что исключает прижоги на обработанной поверхности.

### **Основная часть**

Эффективность МАО определяется соотношением величин двух технологических факторов:

- давления порошкового магнитно-абразивного инструмента (МАИ) на поверхность обрабатываемой детали, которая определяется величиной магнитной индукции в рабочем зазоре;
- скорости относительного перемещения частиц МАИ и обрабатываемой поверхности.

При МАО процесс микрорезания осуществляется ферроабразивными частицами, не закрепленными жестко в связке. Под действием магнитной силы  $F_M$  ферроабразивная частица одним или несколькими микро- и субмикровыступами прижимается к обрабатываемой поверхности. При наличии относительных перемещений между обрабатываемой поверхностью и частицей порошка возникает тангенциальная сила, осуществляющая микрорезание.

Интенсивность и качество МАО зависит от стабильности формирования магнитно-абразивного инструмента (ферроабразивная щётка) из ферроабразивного порошка (ФАП). Порция ФАП удерживается в рабочем зазоре силами магнитного поля и прижимается к обрабатываемой поверхности. При движении заготовки относительно полюсных наконечников осуществляется процесс микрорезания. Интенсивность абразивного воздействия зависит от давления ФАП на обрабатываемую поверхность.

На каждую частицу ферроабразивного порошка, находящегося в рабочем зазоре, действует комплекс сил магнитного, электромагнитного и механического происхождения (рис. 1). Соотношение сил определяется характером внешнего магнитного поля, электропроводимостью материала порошка; выбранной схемой обработки; механическими характеристиками порошковой среды; формами и

размерами зерен; свойствами применяемой смазочно-охлаждающей жидкости.

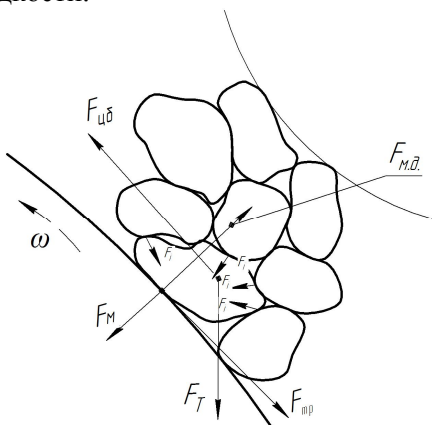


Рисунок 1 - Схема сил, действующих на частицы ФАП

Результирующая сила  $F$ , действующая на частицу ФАП в рабочем зазоре, является векторной суммой составляющих ее сил и определяется по формуле:

$$\vec{F} = \vec{F}_M + \vec{F}_i + \vec{F}_{цб} + \vec{F}_{мд} + \vec{F}_{тр} + \vec{F}_T$$

где  $\vec{F}_M$  – магнитная сила;  $\vec{F}_i$  – инерционная сила;  $\vec{F}_{цб}$  – центробежная сила;  $\vec{F}_{мд}$  – сила механического давления;  $\vec{F}_{тр}$  – сила трения;  $\vec{F}_T$  – сила тяжести.

Так как образовавшаяся вдоль магнитных силовых линий поля цепочка состоит из нескольких частиц, то на граничащую с обрабатываемой поверхностью частицу будет действовать суммарная сила со стороны всех более удаленных от оси детали частиц. В каждом конкретном способе МАО действуют все или только часть перечисленных сил.

Для частицы ФАП в форме эллипсоида вращения величину суммарной магнитной силы  $F_M$  можно определить по формуле [2]:

$$F_M = \frac{4}{3} \sum_{i=1}^n \frac{\mu \Delta_i^2 b_i K H_i^2}{R_i + \Delta_i},$$

где  $K$  – магнитная восприимчивость материала ферропорошка;

$\mu$  – магнитная проницаемость материала порошка;

$R_i$  – расстояние от начала  $i$ -й частицы до оси упрочняемой поверхности;

$H_i$  – напряженность магнитного поля на границе  $i$ -й частицы;

$\Delta, b_i$  – размеры большой и малой осей эллипсоида, описывающего  $i$ -ю частицу.

В процессе MAO ферроабразивная щётка теряет свою режущую способность в результате затупления частиц ферроабразивного порошка и выкрашивания абразивной составляющей. В то же время по мере засаливания продуктами микрорезания и в результате уплотнения цепочек ферроабразивного порошка процесс переориентации частиц ФАП в составе ферроабразивной щётки становится невозможным.

Возникает необходимость регенерации ферроабразивной щётки с целью интенсификации MAO.

Одним из вариантов принудительной переориентации частиц ФАП является перемешивание порошка и формирование новой ферроабразивной щётки. Для решения этой задачи использована энергия магнитного поля. В конструкции установки для MAO предусмотрены две магнитные системы (основная и дополнительная) (рисунок 2). Дополнительная магнитная система установлена под углом  $90^\circ$  к полюсным наконечникам основной магнитной системы. Рабочие зазоры  $\delta$  между полюсами основной магнитной системы и обрабатываемой деталью заполняются порцией ферроабразивного порошка. Периодическое включение дополнительной магнитной системы позволяет перемешивать порцию порошка, находящегося в рабочем зазоре, а основное магнитное поле переориентирует частицы ФАП.

Установка работает следующим образом: порция ферроабразивного порошка прижимается к обрабатываемой поверхности нормальной силой  $F_m$ , обусловленной магнитным полем ( $B = 0,9$  Тл) основной магнитной системы, производится обработка поверхности детали на протяжении времени  $u$ . Затем производится отключение подачи напряжения на катушки основной магнитной системы и включение на катушку допол-

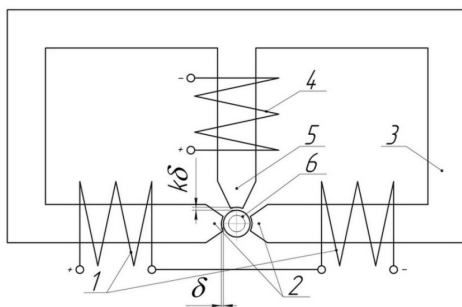


Рисунок 2 – Схема установки МАО с дополнительной магнитной системой:

1 – катушки индуктивности основной магнитной системы, 2 – полюсные наконечники, 3 – магнитопровод, 4 – катушка индуктивности дополнительной магнитной системы, 5 – полюсный наконечник, 6 – заготовка,  $\delta$  – рабочий зазор,  $k\delta$  – рабочий зазор дополнительной магнитной системы

нительной на время  $\tau_d$ . При этом наблюдается перемещение порции порошка из рабочего зазора основной магнитной системы в зазор  $k\delta$  ( $k$  – коэффициент,  $k = 1,5 - 2,0$ ) дополнительной магнитной системы.

Экспериментальные исследования влияния дополнительного магнитного поля на производительность МАО проводились на установке ЭУ-6, методом многофакторного математического планирования экспериментов. При этом был реализован композиционный к плану главных эффектов трёхуровневый из 32-х опытов план [3]. В качестве исследуемого параметра принималась производительность МАО  $Y(\Delta m)$ , мг/с.

Уравнение регрессии искали в виде полиномиальной модели 2-го порядка в нормированных координатах. Расчеты выполнены с использованием программы STATISTICA (общая регрессионная модель GRM). Значимость коэффициентов уравнения оценивали по критерию Стьюдента.

В результате получено уравнение вида:

$$\Delta m = 4,45 - 0,71X_1 + 0,43X_2 + 1,88X_3 - 0,52X_1X_3 + 0,25X_1X_4 + 0,36X_2X_3 + 0,18X_2X_5 + 0,39X_2^2 - 0,73X_3^2$$

Адекватность уравнения проверялась по критерию Фишера, экспериментальное значение которого равно 1,33 и не превосходит критическое значение, равное 1,84.

В результате выполненных экспериментов установлено, что по степени влияния на производительность МАО параметры можно расположить в ряд:  $V \rightarrow \tau \rightarrow V \times U \rightarrow B_{\text{д}} \rightarrow B_{\text{д}} \times \tau_{\text{д}}$ . Возрастание скорости  $V(X_3)$  наиболее способствует увеличению производительности. Отрицательный коэффициент при квадратичном члене этого фактора указывает, что производительность обработки замедляется при увеличении скорости.

Вторым по значимости фактором является время обработки  $\tau$  ( $X_1$ ). Интенсивность съёма металла с поверхности обрабатываемой детали линейно уменьшается по ходу времени, однако эффект этого фактора взаимодействует с  $V$  ( $X_3$ ) и  $U$  ( $X_4$ ). Уменьшение можно «затормозить», если при больших скоростях применять малые интервал включения дополнительной магнитной системы.

Увеличение в рабочем зазоре магнитной индукция дополнительной магнитной системы  $B_{\text{д}}$  ( $X_2$ ) нелинейно повышает производительность, причём положительный квадратичный эффект указывает на интенсивный рост.

Факторы  $X_4$  (интервал включения дополнительной магнитной системы  $u$ ) и  $X_5$  (продолжительность цикла работы дополнительной магнитной системы  $\tau_{\text{д}}$ ) не оказывают статистически значимого самостоятельного влияния и их роль проявляется только во взаимодействиях с другими факторами. Взаимодействие  $X_3X_4$  рассмотрено выше, а взаимодействие  $X_2X_5$  указывает на то, что положительное влияние увеличения индукции может быть усилено возрастанием длительности включения дополнительной магнитной системы.

Задача поиска величин технологических режимов, обеспечивающих максимальную производительность, была решена методом обобщённого приведенного градиента (ОПГ) с использованием программы MS\_Excel [4]. Установлено, что наилучший режим находится на границе изученного факторного пространства (таблица и рисунок 3).

Таблица – Значения технологических режимов и производительности MAO

Значения варьируемых факторов					Величина производительности	
$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$\Delta t$ , мг/с	
-1	1	1	-1	1	расчетное значение	экспериментальные значения
$\tau$ , с	$B_{Д}$ , Тл	$V$ , м/с	$u$ , с	$\tau_{Д}$ , с		
30	1,9	0,9	5	6	8,44	9.33; 8.33; 7.67; 8.33

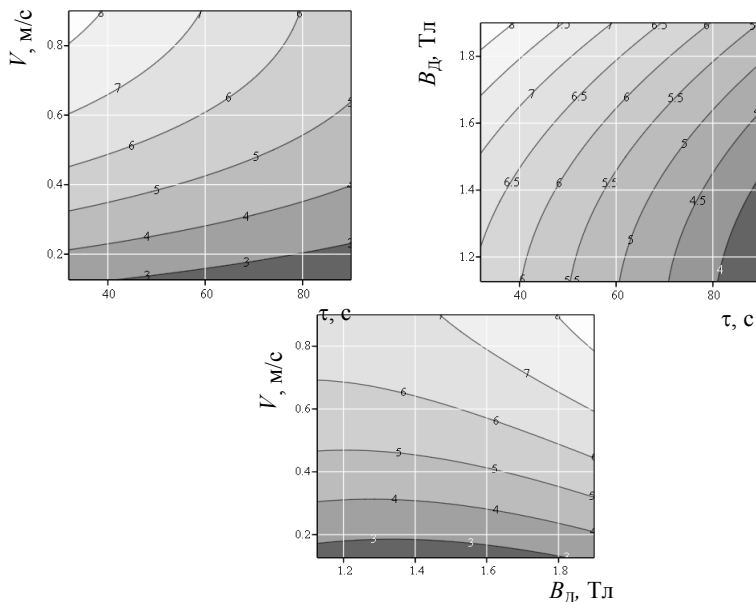


Рисунок 3 – Графическое изображение величины производительности MAO

### Заключение

1. Экспериментально установлено, что периодическое воздействие на ферроабразивную щетку дополнительными потоками энергии магнитного поля, расположенными под углом  $90^\circ$  к основному магнитному полю, обеспечивает высокую производительность MAO на протяжении всего времени обработки.

2. На основе анализа полученного уравнения регрессии установлена степень влияния технологических параметров на производительность MAO:  $V \rightarrow \tau \rightarrow V \times U \rightarrow B_d \rightarrow B_d \times \tau_d$ .

3. Определены значения варьируемых факторов, обеспечивающие максимальную производительность MAO с дополнительной магнитной системой:  $\tau = 30\text{с.}$ ,  $B_d = 1,9\text{Тл}$ ,  $V = 0,9\text{м/с}$ ,  $U = 5\text{с.}$ ,  $\tau_d = 6\text{с.}$

#### Список использованной литературы

1. Акулович, Л.М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ, 2014. – 280с.

2. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 265 с.

3. Голикова, Т.И. Каталог планов второго порядка / Т.И. Голикова, О.А. Панченко, Т.З. Фридман // В 2 ч. – М: Изд-во МГУ, 1974. – 771 с.

4. Интеллектуальный портал знаний [Электронный ресурс] / Стьюдентизированные удаленные остатки. – Режим доступа: <http://statistica.ru/glossary/general/styudentizirovannye-udalennye-ostatki/>. – Дата доступа 02.05.2016.

**Abstract.** In the article the method of an intensification of cutting process at magnetic-abrasive machining of agricultural machinery details' surfaces by pulse magnetic field energy impact on the cutting tool is considered.

УДК 631.353.722

**Анискович Г.И.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Литовчик Д.П.**, инженер;  
**Рогожинский С.Н.**, инженер  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

## **УПРОЧНЕНИЕ ОСНОВАНИЙ БАШМАКОВ РЕЖУЩЕГО БРУСА РОТОРНЫХ КОСИЛОК**

***Аннотация.** В статье приведены результаты исследований элементного состава, структуры и основных механических свойств упрочненных импульсной закалкой оснований башмаков 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.*

***Ключевые слова:** основание башмака, импульсная закалка, устройство закалочного охлаждения, структура, твердость, ударная вязкость.*

### **Введение**

В конструкциях современных дисковых и роторных косилок к днищу основного бруса крепятся башмаки, которыми режущий аппарат опирается на почву, обеспечивая шарнирно закрепленному брусу копирование рельефа поля в вертикальной плоскости.

Основания башмаков (основное и дополнительное) брусьев режущих аппаратов косилок, относится к классу пространственно-сложнопрофильных конструкций. Они являются конструкцией коробчатого типа. Основания башмаков изготавливается из тонколистового стального проката толщиной 4 – 5 мм. Ширина оснований 200 – 370 мм, длина 440 – 480 мм.

На рисунке 1 (а, б) показаны эскизы объектов исследований (основания башмаков) бруса режущего аппарата косилок.

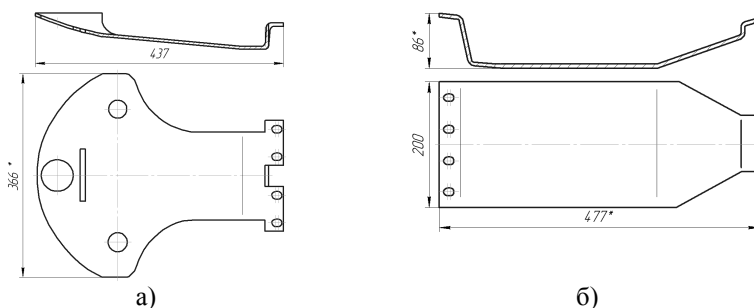


Рисунок 1 – Эскизы основного (а) и дополнительного основания (б) башмака режущего бруса роторных косилок

В процессе работы основания башмака 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 оснований башмаков (немецких фирм «CLASS» и «KRONE», французской фирмы «KUNH», словенской фирмы «SILVERCUT») 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%).

Основания башмаков изготавливаются зарубежными фирмами из высокопрочных и износостойких бористых сталей. Прочность и износостойкость этих деталей, работающих в крайне тяжелых условиях, преимущественно достигается применением изотермической закалки.

На предприятиях отечественного сельскохозяйственного машиностроения до настоящего времени практически не применяются технологии по упрочнению термообработкой пространственно-сложных тонкостенных стальных заготовок. На сегодняшний день отечественное производство конкурентоспособных оснований башмаков бруса косилок, не уступающих по техническому уровню

зарубежным аналогам, может быть решено использованием упрочняющей технологии импульсного закалочного охлаждения потоком воды или водного раствора кальцинированной соды.

Данная технология [2] прошла проверку в производственных условиях на целом ряде предприятий Минпрома и Минсельхозпрода РБ и является разработкой с высокой степенью завершенности [3].

Технология импульсного закалочного охлаждения жидкостью (ТИЗОЖ) является отечественной, энерго- ресурсо- и природосберегающей, обладает патентной чистотой и защищенностью [4, 5]. Основным классификационным признаком ТИЗОЖ является отнесение её к нанотехнологии, при реализации которой при заданных параметрах режима охлаждения в изделиях из конструкционной стали формируется наноструктурированное состояние, характеризующееся размером характерного структурного элемента в диапазоне 30 – 80 нм [6]. В зарубежной практике аналогом такого технического решения наиболее распространенной является технология под названием «Conit» (интеллектуальная собственность норвежской фирмы «Kverneland») [7].

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. После этого 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. УЗО имеют, как правило, индивидуальное назначение. Их основными конструктивными элементами являются матрица и пуансон. С помощью матрицы и пуансона направляются потоки жидкости вокруг объекта закалки. Особенно важно это для деталей сложной пространственной геометрии. Однородное (равномерное) охлаждение РЗ сложной формы достигается равномерным потоком ОЖ, омываемой поверхность объекта закалки.

Для обеспечения конкурентоспособности оснований башмаков исследования проводились с использованием горячекатаного стального проката из следующих марок сталей: сталь 25ХГСА

(30ХГСА) (ГОСТ 4543 – 71), сталь марки 60ПП (ТУ 14-1-1926 – 76), бористая сталь RAEX B27 (Финляндия).

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  $\times 100$ ,  $\times 200$ ,  $\times 500$ . 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
60ПП	0,58	0,008	0,16	0,21	0,02	0,05	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 В27 (рисунок 2, б) 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.

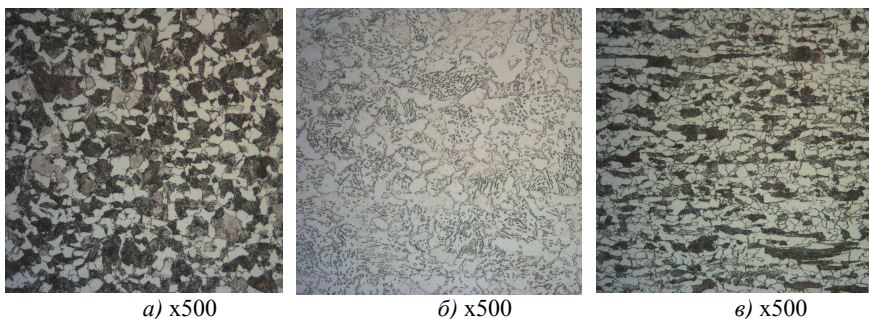


Рисунок 2 – Микроструктура материала образцов:  
сталь 25ХГСА (а), сталь 60ПП (б), сталь В27 (в)

Структура образца 60ПП (рисунок 2, в) феррито-перлитная, с отдельными включениями цементита, располагающимися по границам зерен в виде разорванной сетки. Размер зерна находится в диапазоне 10 – 30 мкм. Средний размер зерна составляет 0,015 мм, что соответствует 9 баллу по ГОСТ 5639-82. С двух сторон присутствует обезуглероженный слой: с одной стороны толщиной 30–80 мкм, с другой стороны – 10 – 60 мкм. Твердость образца составляет 130 – 135 НВ.

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]. Избыточное давление воды составляло 0,40 МПа. Температура аустенитизации

образцов устанавливалась для стали 25 ХГСА – 890 – 950 °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 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, KCU, 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 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 и оснований башмаков принят листовой прокат из стали 25ХГСА (ГОСТ 4543).

Заготовки оснований башмаков изготавливались с применением холодного пластического деформирования в штампах с предварительным отжигом.

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

В соответствии с технологической схемой ТИЗОЖ, нагретая до температуры аустенитизации и выдержке (~10 мин) стальная ремонтная заготовка (РЗ) устанавливается в устройство закалочного охлаждения и фиксируется. После этого в зазоры между РЗ и ограждающими поверхностями, формируемыми матрицей и пуансоном закалочного устройства, подается быстродвижущийся поток охлаждающей жидкости. Температура и скорость потока ОЖ задается в определенном интервале.

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

Микроструктура опытного образца основания башмака (рисунок 3) представляет собой мелкоигльчатый троостомартенсит с длиной игл 2–4 мкм. Одна из сторон поверхности обезуглерожена на глубину до 60 мкм. Твердость необезуглероженной поверхности составляет 48 – 49 HRC, обезуглероженной – 42 – 44 HRC.

Таким образом, исследования элементного состава, структуры и основных механических свойств, изготовленных из стали 25ХГСА и упрочненных импульсной закалкой оснований башмаков бруса режущего аппарата косилок показали, что по этим параметрам они не уступают импортным аналогам.

### **Заключение**

1. Для изготовления дисков ротора и оснований башмака рекомендуется использовать листовой прокат из стали 25ХГСА. Ее применение соответствует эксплуатационным условиям деталей, характеризующихся прочностью, твердостью и ударной вязкостью.

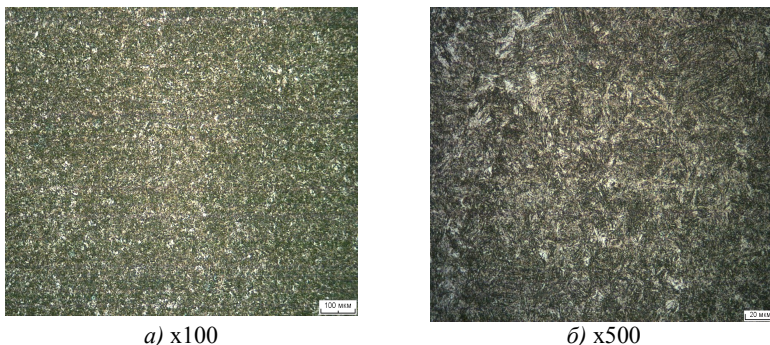


Рисунок 3 – Микроструктура оснований башмаков

Измерение микротвердости основания башмака проводилось от наружного края к внутреннему. График измерения представлено на рисунке 4.

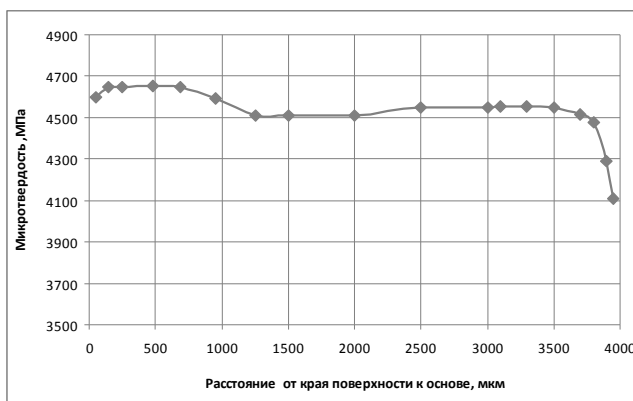


Рисунок 4 – Графики измерения микротвердости по сечению опытного образца основания башмака

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

Список использованных источников

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

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

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

4. Технологический модуль для закалки деталей: патент № 2139 РБ / Бетень Г.Ф. [и др.]; УО БГАТУ. Оpubл. 16.05.2005 // Дзяржаўны рэестр карысных мадэляў/Нацыянальны цэнтр інтэлектуальнай маёмасці.

5. Закалочное устройство для быстрого охлаждения тонкостенных заготовок: патент №19291 РБ на изобретение / Бетень Г.Ф. [и др.] /, 2015.

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

7. Soucek, R. Maschinen und Gerate fur Bodenbearbeitung, Dungkung und Aussaat / Б Soucek, G. Pippig. – Berlin: Verl. Technik, 1990. – 432 s.

**Abstract.** In article results of the elemental composition of studies of the structure and basic of mechanical properties hardened by quenching pulsed the grounds shoes 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.

**Key words:** the base of the shoe, impulse hardening device hardening cooling, structure, hardness, toughness.

УДК 631.3.004.67

**Тойгамбаев С.К.**, кандидат технических наук, профессор  
*Российский государственный аграрный университет – МСХА  
им. К. А. Тимирязева, г. Москва, Российская Федерация*  
**Нукушев С.О.**, доктор технических наук, профессор  
*АО «Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина»,  
г. Астана, Республика Казахстан*

## **РЕМОНТ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ ГАЗОПЛАМЕННОЙ НАПЛАВКОЙ**

***Аннотация.** Разработано множество методов и технологий восстановления изношенных деталей, но в большинстве случаев они не используются в ремонтном производстве. В статье предлагается довольно недорогой, но достаточно эффективный способ восстановления коленчатых валов применением газопламенной наплавки.*

Достоинством технологического процесса восстановления шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания (ДВС) газопламенной наплавкой является почти полное отсутствие изменения геометрии коленчатого вала вследствие малого прогрева, около 100 – 200<sup>0</sup>С, материала основы, сохранением ее структуры, а также возможность нанесения практически любых материалов и малая величина припуска на механическую обработку (рисунок 1).

Суть напыления – образование покрытия путем динамического осаждения на основном материале расплавленных капель, частиц напыленного материала, образующихся при нагреве порошка ацетиленом кислородным источником нагрева. Данная технология использует в своей основе способ газопламенного напыления. Она довольно проста, а стоимость оборудования и затраты на эксплуатацию низкие. В связи с этим данный способ восстановления коленчатых валов находит широкое применение в ремонтном производстве. Перед газопламенным напылением коленчатого вала необходимо шлифовать шейки до выведения следов износа.



Теоретически для полного сгорания ацетилена на его одну часть по массе необходимо 2,5 части по массе кислорода, однако на практике для напыления используют смесь при соотношении в смеси кислорода и ацетилена, равном 1,1. При сгорании смеси такого состава образуется нейтральное пламя, поскольку во время горения в него поступает дополнительный кислород из окружающего воздуха. На начальном участке факела (у выхода из сопла) газообразные продукты имеют восстановительный характер, а в середине, в связи с прониканием туда кислорода из окружающего воздуха, происходит полное сгорание ацетилена. Из-за высокой стоимости ацетилена можно применять смеси природного газа (пропан, пропан-бутан) с кислородом. При этом процесс восстановления становится экономичнее, но не решается вопрос формирования износостойких покрытий с высокой сцепляемостью с основанием восстанавливаемой детали, что связано с низким содержанием природного газа. На рисунке 2 дана зависимость прочности сцепления  $\sigma_{\Pi}$  от расстояния  $S$  при напылении и толщины покрытия  $\delta_{\Pi}$ .

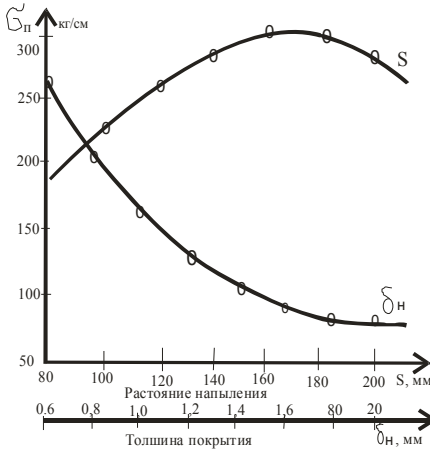


Рисунок 2 – Зависимость прочности сцепления  $\sigma_{\Pi}$  от расстояния  $S$  при напылении и толщины покрытия  $\delta_{\Pi}$

При напылении порошком за счет теплопередачи от поверхности частиц к их середине происходит его плавление. Предполагая, что частица порошка сферическая и температура ее поверхности мгновенно достигает температуры плавления, можно определить наибольший размер частиц, при котором происходит полное ее расплавление. Если допустить, что в струе, температура которой значительно пре-

вышает температуру плавления, частицы порошка находятся в течение 0,1 мс, то каждая частица оплавляется на глубину 90 % ее

радиуса, т.е. почти до ее середины. Это означает, что порошок расплавляется почти полностью. При этом размер частиц, напыляемых на поверхность детали, находится в пределах 85 – 105 мкм, который частиц зависит от теплофизических характеристик порошка, включая теплопроводность, теплоемкость и плотность напыляемого слоя. Чем больше размер частиц порошка, тем лучше протекает процесс напыления т.к. частицы при этом расплавляются не полностью, что ведет к получению пористого слоя напыляемого материала. Благодаря пористости, напыляемое покрытие имеет высокую износостойкость и обеспечиваются благоприятные условия периода пуска и работы сопряжения: шейка коленчатого вала – вкладыш при граничном режиме смазки. При изменении расстояния от 80 до 160 мм факел пламени длиной 150мм имеет максимальную температуру, которая изменяется от 33730К, на расстоянии от ядра факела 3 - 6 мм, до 1273 – 17730К в конце факела пламени. По всей длине факела пламени частицы нагреваются. Это ведет к значительному увеличению прочности сцепления. При малом расстоянии напыления частицы не нагреваются до температуры плавления и из-за этого плохо прилипают к металлооснове. То же происходит и при увеличении расстояния напыления свыше 160 мм т.к. частицы успевают остыть.

Следующим фактором, который влияет на качество напыляемого покрытия, является скорость. Порошковые материалы при движении в высокотемпературном потоке газа, истекающего с большой скоростью из грелок, напыляются на поверхность основного материала без изменения формы. При соударении напыляемых частиц с поверхностью основы, частицы спепляются с неровностями поверхности. Это возможно только при определенных скоростях и температуре капель и частиц. Максимальная скорость – 65 – 80 м/с на расстоянии 130 – 160 мм от сопла. С увеличением скорости увеличивается предел прочности поверхности восстанавливаемой детали (рисунки 3). Увеличение прочности поверхности происходит до определенного момента, а при дальнейшем увеличении скорости происходит падение прочности поверхности вследствие уменьшения пребывания частиц напыляемого материала в факеле. Оптимальными для газопламенного напыления являются скорости 40–50 м/с, что обеспечивает прочность восстанавливаемой поверхности  $\sigma=18\text{МПа}$ .

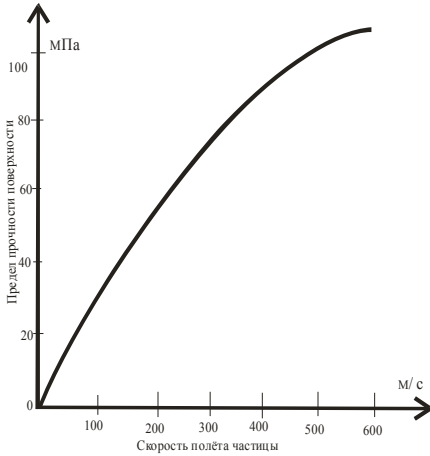


Рисунок 3 – Зависимость прочности восстанавливаемой поверхности от скорости полета частиц при газопламенном напылении

Для данного вида покрытий оптимальная величина напыляемого слоя равна 0,7мм, при этом прочность сцепления достигает максимального значения 25,4 МПа. При увеличении толщины напыляемого слоя до 1,8 мм прочность сцепления покрытия с основным материалом снижается в 3,34 раза, что обуславливается возникновением внутренних напряжений. При определенных условиях внутренние напряжения превосходят прочность

напыляемого слоя, в результате происходит образование трещин в покрытии, а затем и его отслаивание. Термодинамическими расчетами и структурным анализом установлено, что можно проводить напыление на окислительном пламени  $\beta = 1,75$ . Окислительное пламя имеет высокую температуру и повышает теплосодержание частиц порошка, но при этом покрытие получается плотным и недостаточно пористым. Поэтому для обеспечения пористости покрытия и высокой прочности сцепления оптимальным считается нейтральное пламя при  $\beta=1,1-1,3$ . При оптимальном  $\beta$  достигается большая производительность напыления и при этом мощность пламени составляет около 3500Дж/л. При дальнейшем увеличении мощности пламени происходит снижение производительности напыления, оптимальное значение которой составляет 6,7 кг/час. Величина сцепления порошка в зоне пятна, образующаяся в результате напыления равно диаметру ствола значительно выше, чем за его пределами в периферийной зоне. При напылении шейки вала по винтовой линии необходимо обеспечить оптимальное условие перекрытия каждым последующим циклом витка от предыдущего цикла.

На рисунке 4 дана зависимость сцепления напыляемого материала от мощности пламени  $q_n$ , состава смеси  $\beta$  и производительности напыления  $Q$ .

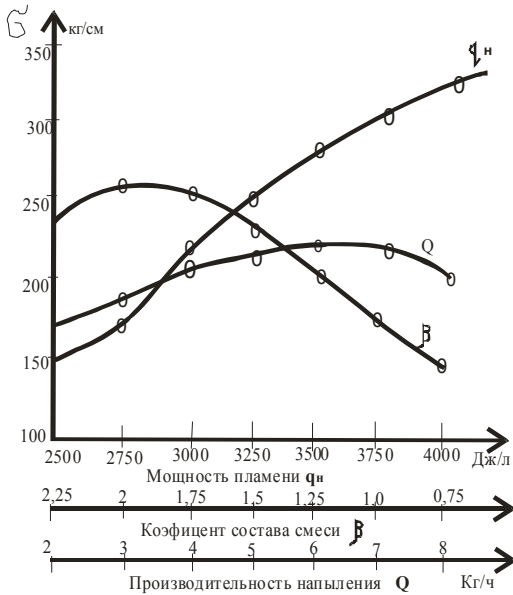


Рисунок 4 – Зависимость прочности сцепления напыляемого материала от мощности пламени, коэффициента состава смеси и производительности напыления

Для газопламенного напыления, это будет увеличение числа проходов и перекрытие двух соседних проходов. В связи с этим следует соблюдать определенное соотношение между скоростями вращательного и поступательного перемещения детали. Скорость напыления складывается из двух скоростей: скорости вращательного перемещения и скорости поступательного перемещения детали:

$$V_n = \sqrt{V_e^2 + V_n^2}, \quad (1)$$

где  $V_e$  – скорость вращательного перемещения детали;

$V_n$  – скорость поступательного перемещения детали.

Скорость вращения детали определяется соотношением:

$$V_e = \pi D / t_{об}, \quad (2)$$

где  $D$  – диаметр шейки вала, мм;  $t_{об}$  – время оборота детали, с.

Время оборота определяется:

$$t_{об} = (\pi H D) / (h d), \quad (3)$$

где  $H$  – требуемая толщина напыляемого слоя, мм;  $h$  – скорость образования слоя пятна, мм/с;  $d$  – диаметр пятна, мм.

Для обеспечения оптимального перекрытия вводится коэффициент  $\delta$  перекрытия пятна ( $0 \leq \delta \leq 100\%$ ).

Тогда скорость вращения будет иметь вид:

$$V_e = (\pi D(100 - \delta)) / (100 t_{об}) = (d(100 - \delta)) / (100 t), \quad (4)$$

где  $t$  – время, затрачиваемое на напыление одного пятна, с.

$$t = H/h \quad (5)$$

Для поступательного перемещения детали  $L = d$ , тогда

$$V_n = d / t_{об} = (d(100 - \delta)) / (100 t_{об}). \quad (6)$$

*Пример расчета времени оборота восстанавливаемого вала СМД-62.*

Для установки ОКС-5522 известно:

– скорость образования слоя пятна  $h = 2,2$  мм/с;

– диаметр пятна  $d = 4,6$  мм;

Восстанавливаемый коленчатый вал СМД – 62:

– диаметр шатунной шейки вала  $D = 84$  мм;

– длина шатунной шейки вала  $L = 82$  мм;

– толщина напыляемого слоя  $H = 1,5$  мм;

– коэффициент перекрытия пятна  $\delta = 30\%$ .

Расстояние между торцом мундштука и восстанавливаемой поверхности в пределах 130 – 190 мм.

Время оборота (формула 3):

$$t_{об} = (3,14 \cdot 1,5 \cdot 84) / (2,2 \cdot 4,6) = 39,1 \text{ с.}$$

Скорость вращения вала (формула 4):

$$V_e = (4,6(100 - 30)) / (100 \cdot 1,5 / 2,2) = 4,7 \text{ мм / с.}$$

Скорость перемещения вала (формула 6):

$$V_n = (4,6(100 - 30)) / (100 \cdot 39,1) = 0,08 \text{ мм / с.}$$

Скорость напыления шейки (формула 1):

$$V_n = \sqrt{4,72^2 + 0,08^2} = 4,7 \text{ мм / с.}$$

Время восстановления шейки коленчатого вала

$$t_e = (100 L \cdot t_{об}) / (d(100 - \delta)). \quad (7)$$

$$t_e = (100 \cdot 82 \cdot 39,1) / (4,6(100 - 30)) = 995,7 \text{ с.}$$

После газопламенного напыления коленчатого вала необходимо произвести черновое и чистовое шлифование шеек вала до номинального размера.

*Выбор шлифовального круга.* Подбор шлифовального круга осуществляется исходя из паспортных данных шлифовального станка и восстанавливаемого коленчатого вала.

Шлифовальный круг: ПП 1060 × 40 × 30525А50С15К.

Скорость детали: черновая 20 м/мин, чистовая 30 м/мин.

Скорость шлифовального круга: черновая 30м/с, чистовая 35м/с.

Число оборотов детали: черновая 76мин<sup>-1</sup>, чистовая 114мин<sup>-1</sup>.

Число оборотов шлифовального круга: черновая 540мин<sup>-1</sup>, чистовая 630мин<sup>-1</sup>.

Радиальная подача: черновая 0,075 мин<sup>-1</sup>, чистовая 0,005 мин<sup>-1</sup>.

Припуск на шлифование:  $h = 0,5$ мм.

Для черновой обработки:  $h_1 = (2/3) \times h = (2/3) \times 0,5 = 0,33$ мм.

Для чистовой обработки:  $h_2 = (1/3) \times h = (1/3) \times 0,5 = 0,17$ мм.

Фактическая скорость вращения детали и шлифовального круга.

Частота вращения шпинделя и шлифовального круга по паспорту шлифовального станка.

Частота вращения детали: при черновой обработке – 80 мин<sup>-1</sup>; при чистовой обработке – 120 мин<sup>-1</sup>.

Частота вращения шлифовального круга: при черновой обработке – 540 мин<sup>-1</sup>; при чистовой обработке – 630 мин<sup>-1</sup>.

Тогда фактическая скорость вращения детали и шлифовального круга будет:

$$V' = \pi D h' / 1000 . \quad (8)$$

Фактическая скорость детали: при черновой обработке – 21,1м/мин; при чистовой обработке – 31,6м/мин.

Фактическая скорость шлифовального круга: при черновой обработке – 1798,2м/мин (30м/с); при чистовой обработке – 2097,9 м/мин (35м/с).

Определение машинного времени:

$$T_0 = (h_1 L) / (S_{p1} n_1) + (h_2 L) / (S_{p2} n_2), \quad (9)$$

где  $h_1$  и  $h_2$  – припуск на чистовую и черновую обработку, мм;

$S_{p1}$  и  $S_{p2}$  – радиальная подача при черновой и чистовой обработке, мм<sup>-1</sup>;

$n_1$  и  $n_2$  – число оборотов шпинделя при черновой и чистовой обработке в минуту;

$L$  – ширина обрабатываемой поверхности.

$$T_{0\text{черн}} = (0,33 \cdot 82) / (0,075 \cdot 80) = 4,5 \text{ мин} .$$

$$T_{0\text{чист}} = (0,17 \cdot 82) / (0,05 \cdot 120) = 23,2 \text{ мин} .$$

$$T_0 = 4,5 + 23,2 = 27,7 \text{ мин} .$$

Для коленчатого вала:

$$T_0 = 194 \text{ мин} , T_e = 11 \text{ мин} .$$

Штучное время:

$$T_{шт} = (1 + 11)(1 + ((4 + 6) / 100)) = 220 \text{ мин} .$$

### **Выводы**

Предложенная технология газопламенного напыления отличается от используемых большей эффективностью восстановления шеек коленчатых валов, позволяющая увеличить срок службы вала примерно в 2 раза, что неотъемлемо сказывается на работоспособности двигателя в целом. Производимое по данной технологии восстановление коленчатого вала ведется до номинального размера, а себестоимость восстановления ниже, по сравнению с другими технологиями.

### **Список использованной литературы**

1. Надежность и ремонт машин / [В.В. Курчаткин [и др.]; под ред. В.В. Курчаткина. – М. : Колос, 2000. – 775с.
2. Тойгамбаев, С.К. Анализ износа деталей транспортных и технологических машин : методические указания / С.К.Тойгамбаев, А.П.Шнырёв. – М. : МГУП, 2005. – 27с.
3. Хасуй, А. Наплавка и напыление / А.Хасуй, О.Моригаки : пер. с яп. В.Н. Попова; под ред. В.С. Степина, Н.Г. Шестеркина. – М.: Машиностроение.1985. – 240с.
4. Свищев, В.И. Восстановление коленчатых валов тракторных дизелей детонационным напылением в условиях сельскохозяйственных ремонтных предприятий / В.И. Свищев. - М.: МИИСП, 1985. – 237с.
5. Потапов, Г.К. Интенсификация электротехнологических процессов формирования износостойких покрытий из порошковых твердых сплавов при восстановлении и упрочнении деталей сельскохозяйственной техники в условиях ремонтных предприятий ГОСАГРОПРОМА / Г.К. Потапов. – М.: МИИСП, 1988. – 325с.

УДК 621.793

**Бодиловский А.В.** кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

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

**Сай А.С.**, кандидат технических наук, доцент

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

## **К ВОПРОСУ УПРОЧНЕНИЯ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ**

***Аннотация:** В статье приводятся сведения о возможностях и задачах по исследованию технологии электроискрового легирования применительно к деталям рабочих органов сельскохозяйственных машин, режущим элементам кормоуборочных комбайнов.*

### **Введение**

Наиболее изнашиваемой частью режущих элементов кормоуборочных машин (рисунок 1), определяющей продолжительность их работы и энергетические параметры процесса резания, является режущая поверхность. Именно режущее лезвие подвергается интенсивному воздействию при контакте с обрабатываемым материалом и, в результате, максимально изнашивается, а также деформируется. Интенсивность изнашивания зависит в основном от вида срезаемых и измельчаемых растений и количества абразивных частиц, контактирующих с режущими кромками [1].

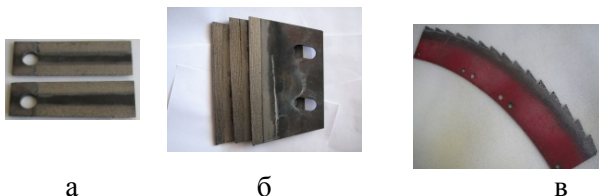


Рисунок 1 – Режущие элементы сельскохозяйственных машин, рекомендуемые к упрочнению электроискровой обработкой: а – ножи роторной косилки; б – ножи измельчающего аппарата кормоуборочного комбайна КВК-800; в – нож жатки кормоуборочного комбайна

Увеличение ресурса режущих элементов можно обеспечить применением специальных видов обработки, повышающих износостойкость, усталостную прочность, коррозионную стойкость деталей. Для этого применяют технологические процессы, упрочняющие материал поверхностного слоя и придающие ему особые свойства. К ним могут быть отнесены как процессы химико-термической обработки, так и упрочняющие технологии, с применением высококонцентрированных источников энергии.

### **Основная часть**

К числу современных высококонцентрированных энергетических технологий упрочнения поверхностей металлических деталей относится электроискровое легирование (ЭИЛ), позволяющее получать упрочненные слои с уникальными физико-механическими и триботехническими свойствами [2].

Качественный анализ технологии ЭИЛ, связанный с определением наиболее значимых составляющих метода, показывает, что сильными сторонами технологии являются: высокая прочность сцепления упрочненного слоя и материала основы; отсутствие нагрева всей детали в процессе обработки, что не влияет на основную структуру металла; высокая микротвердость и износостойкость упрочненного слоя; широкий диапазон энергетических режимов (энергии в импульсе); широкая номенклатура легирующих электродов; возможность введение газовой среды в межэлектродный промежуток.

В свою очередь слабыми сторонами являются: малая толщина упрочненного слоя; высокая шероховатость; низкая производительность; остаточные напряжения в поверхностном слое; неоднородность упрочненного слоя.

Анализ показывает, что наиболее существенной слабой стороной метода ЭИЛ является малая толщина формируемого упрочненного слоя и его высокая шероховатость. В свою очередь наиболее сильной его стороной является высокая микротвердость и износостойкость при отсутствии нагрева всей детали в процессе обработки.

В связи с тем, что процесс ЭИЛ является многофакторным, для определения наиболее приемлемого варианта комбинации применяемых материалов и режимов обработки необходимо в каждом конкретном случае проводить специальные исследования.

Исследования целесообразно проводить поэтапно в следующей последовательности:

1. Исследование параметров формирования первого упрочненного слоя в зависимости от энергетических параметров процесса и применяемых материалов анода.

2. Исследование особенностей формирования последующих слоев на подложках с ранее образованными упрочненными слоями, влияние дефектов предыдущего слоя и возможность их локализации дополнительной обработкой.

3. Экспериментальная проверка подобранного ряда материалов и последовательности применения дополнительных (комбинированных) методов послышной обработки, исследование качества образуемых упрочненных слоев и их эксплуатационных характеристик (износостойкость, жаростойкость и др.) [3].

Исследования по упрочнению сменных быстроизнашивающихся деталей кормоуборочной техники: ножей комбайнов и косилок проводились на установке ЭИЛ производства ГОСНИТИ (рисунок 2).

Аппаратное осуществление метода ЭИЛ с использованием данной установки может осуществляться на базе одного из двух принципов: вибрационного или ротационного.

Вибрационный принцип действия рабочего органа (анода) основан на периодическом притяжении ферромагнитных тел, помещенных в переменное магнитное поле. Под действием переменного тока, подведенного к электромагниту, к нему периодически притягиваться (вибрирует) ферромагнитная вставка якоря с закрепленным в ней анодом.



Рисунок 2 – Внешний вид установки ЭИЛ

Ротационный принцип контактирования легирующего электрода с деталью обеспечивается с помощью вращающейся головки. Закрепленный в ней электрод, прижимающийся к обрабатываемой детали с помощью гибкого упругого элемента, совершает вращательное и возвратно-поступательное движение по обрабатываемой поверхности.

Получение необходимых для осуществления процесса электрических импульсов обеспечивает, входящий в состав установки, генератор импульсов БИГ-4.

Для определения целесообразности использования в процессе ЭИЛ ножей кормоуборочных комбайнов вибрационного или ротационного принципа легирования проведено исследование основных параметров упрочненного слоя, полученных при использовании обоих принципов.

Фиксировались следующие параметры полученных упрочненных слоев: шероховатость и твердость.

Шероховатость определялась на профилометре ПМ2-100. Твердость определялась на микротвердомере ПМТ 3.

Электроискровому легированию подвергались ножи, выполненные из стали 65Г, электродом (анодом) ВК6 на режимах: частота вибрации электрода – 100Гц; частота вращения электрода – 60мин<sup>-1</sup>; скорость перемещения электрода – 70мм/мин.

Значения микротвердости и шероховатости поверхностей, полученные при разных значениях рабочего тока, представлены на рисунках 3 и 4.

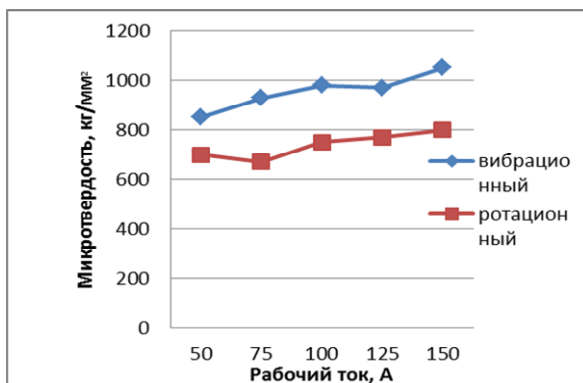


Рисунок 3 – Зависимость микротвердости от рабочего тока

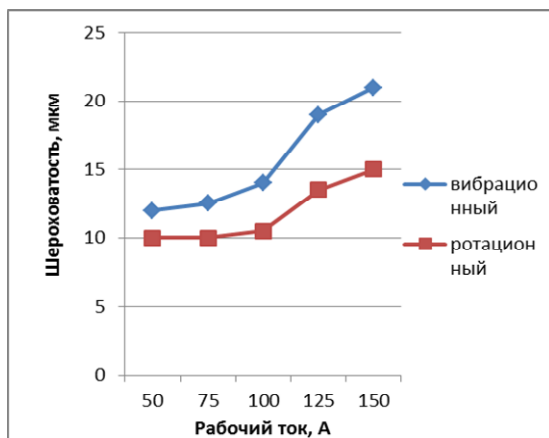


Рисунок 4 – Зависимость шероховатост от рабочего тока

Из рисунков видно, что шероховатость и твердость покрытий возрастает с ужесточением режима обработки (увеличением рабочего тока) в обоих случаях.

Причем в случае использования электромагнитного вибратора это увеличение более выражено. На жестких режимах обработки вибрационное нанесение покрытий увеличивает значения контролируемых параметров по сравнению с ротационным: микротвердости на 31%; шероховатости на 40%. Для мягких режимов эти показатели составляют соответственно 21% и 20%.

Полученные результаты объясняются тем, что процесс упрочнения с помощью вращающегося электрода несколько отличен от процесса с вибрирующим электродом. При тангенциальном соприкосновении электрода с деталью происходит «размазывание» расплавленного легирующего металла по поверхности детали, что способствует снижению шероховатости поверхности легирования.

Вместе с тем при вибрационном нанесении покрытия нанесенный расплавленный слой, за счет ударного воздействия вибрирующего электрода, подвергается поверхностному пластическому деформированию, что увеличивает его микротвердость.

При необходимости нанесения более толстого слоя необходимая толщина обеспечивается многослойным нанесением. Однако при многослойном нанесении ухудшается качество покрытия и прежде

всего его трибومترические характеристики. Поэтому при нанесении многослойных легирующих покрытий методом ЭИЛ необходимо применять комбинированное воздействие (дополнительно: поверхностно пластическое деформирование или лазерная обработка).

### **Заключение**

Упрочнение ножей кормоуборочных комбайнов и других рабочих органов сельскохозяйственных машин методом электроискрового легирования может осуществляться, как вибрационным способом, так и ротационным способами.

В связи с тем, что для режущих кромок ножей, помимо прочностных существенны и триботехнические показатели, целесообразно по возможности осуществлять упрочнение с использованием ротационного принципа нанесения покрытий.

По подводимой энергии импульсов электроискровое упрочнение условно можно разделить на мягкое и жесткое. Если необходимо получить высокое качество поверхности, то обработку целесообразно вести на мягком режиме ротационным способом. Если допустима значительная шероховатость поверхности и необходима повышенная твердость поверхностного слоя целесообразно применять жесткие режимы и вибрационный способ обработки.

### **Список использованной литературы**

1. Ткачев, В. Н. Износ и повышение долговечности деталей сельскохозяйственных машин / В.Н. Ткачев. – М.: Машиностроение, 1971. – 264с.

2.Коротаев, Д. Н. Субструктурное поверхностное упрочнение деталей трибосистем методом электроискрового легирования / Д.Н. Коротаев, Е.В. Иванова // Перспективные материалы. – 2011. – №2. – С. 98 – 102.

3. Ярков, Д.В. Формирование функциональных покрытий методом ЭИЛ с применением электродных материалов из минерального сырья Дальневосточного региона : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Ярков ; ГТУ, 2004. – 18 с.

**Abstract.** The article gives information about opportunities and tasks in the study of electrospark hardening technology as applied to the details of working organs of agricultural machines.

УДК 621.9:621.762.8

**Бодиловский А.В.** кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

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

**Сай А.С.**, кандидат технических наук, доцент

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

**Шуныко С.И.**, младший научный сотрудник

*ГНУ «Физико-технический институт НАН Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь*

## **РЕНОВАЦИЯ ДИСКОВЫХ ЛУЩИЛЬНИКОВ**

***Аннотация:** Рабочие органы почвообрабатывающих машин работают в условиях интенсивного абразивного изнашивания и периодических динамических (ударных) нагрузок. Поэтому исследование применения перспективных материалов и методов их упрочнения, обеспечивающих высокую износостойкость при одно-временной стойкости к ударным нагрузкам, представляет несомненную актуальность.*

Известно [1], прочность материала и соответственно ресурс деталей изготовленных из него, зависит от твердости и дисперсности его структуры. Классический закон Холла - Петча описывает соотношение между пределом текучести ( $\sigma_T$ ) и размером зерна ( $d$ ) поликристаллического материала:

$$\sigma_T = \sigma_0 + K * d^{1/2}$$

где  $\sigma_0$  некоторое напряжение трения, которое необходимо для скольжения дислокаций в монокристалле, а  $K$  - материальная константа, также называемая «коэффициентом Холла - Петча».

Согласно закона Холла - Петча прочность материала возрастает при уменьшении размеров частиц поликристаллического материала. Важно отметить, что для наноматериалов с размером зерна порядка нескольких десятков нанометров этот закон в той или иной мере нарушается. Традиционно промышленность РБ производит диски луцильников, борон из стали 65Г ГОСТ 4543-71. Физико-

механические свойства стали 65Г известны [2] и позволяют при термообработке получать высокую твердость (60 – 65HRC). Однако при этом понижается вязкость. В таком случае после термообработки повышается абразивная износостойкость деталей, но снижается ударопрочность и при соударении о камни в почве происходит хрупкое разрушение. По этой причине ресурс дисков луцильников не превышает 1 – 1,5 сезонов [3], что составляет приблизительно 15 – 17 га. Положительные результаты получены при использовании для изготовления дисков луцильников сталь 60ПП ТУ 14-1-1926-76 РФ. Сталь экономно легированная, обладает наследственной мелкозернистой структурой. При термической обработке данной марки стали, на поверхности, образуется мартенситная структура, а слои, нагретые выше на  $30^0 - 50^0$  верхней критической точки, но расположенные глубже, закаливаются на структуру троостита, сорбита и перлита. [4]. По результатам исследований, в термообработанном состоянии сталь 60ПП позволяет получить твердость  $56 \pm 2$  HRC, вязкость порядка  $KCU \approx 1,0$  МДж/м<sup>2</sup>, прочность  $\sigma_v \approx 2200$  МПа, предел текучести  $\sigma_t \approx 1850$  МПа. [4] Таким образом сочетание получаемых физико-механических свойств стали 60ПП делает перспективным исследование влияния новых методов термической обработки повышающих ресурс дисков луцильников. В последние годы получили широкое распространение методы поверхностного нагрева токами ТВЧ, лазерным излучением, позволяющие закалить поверхностный слой металла и сохранить вязкую сердцевину. При воздействии лазерного излучения на поверхность материала, скорость нагрева составляет  $\approx 10^4 - 10^6$  К/с. Максимальная температура, при обработке в режимах без оплавления поверхности, не превышает температуры плавления металла, и все фазовые превращения происходят в твердом состоянии и качество поверхности остается без изменений [5]. Закалка в интервале температур охлаждения  $\approx 10^3 - 10^5$  К/с, осуществляется путем отвода тепла за счет теплопроводности материала. Глубина закаленного слоя составляет  $\approx 1 - 1,5$  мм. Зависимость твердости стали 60ПП от способа закалки представлена на рисунке 1.

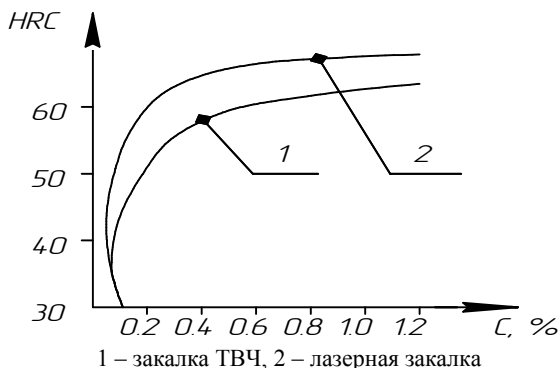


Рисунок 1 – Зависимость твердости стали от содержания углерода

Таким образом, при лазерной закалке углеродистых сталей, достигается твердость, на 4 – 6 единиц выше по отношению к максимальным значениям, получаемым после закалки ТВЧ [6].

Увеличение интенсивности ввода энергии, позволяют получать в закаленном слое ультрамелкодисперсную структуру.

Описанный процесс касается и плазменной закалки, т.к. эти методы отличаются лишь способом нагрева поверхности детали.

Классическим методом упрочнения является закалка в жидкости. Данная технология совершенствовалась на протяжении многих столетий и по сложности процесса и оборудования является наиболее простой.

Метод объемной поверхностной закалки состоит в том, что упрочняемое изделие после нагрева в печи либо ТВЧ, подвергается при закалке интенсивному водяному охлаждению под давлением. Особенностью данного метода является использование в качестве закалочного средства быстродвижущейся воды, экономное расходование электроэнергии, экологическая чистота процесса термической обработки при обеспечении в упрочняемой детали оптимального распределения свойств по сечению [3].

Известно [7], что скорость охлаждения близкая к критической позволяет более эффективно дробить зерно аустенита, превращая его в мартенсит.

Кроме того, увеличение доли фрагментированной структуры, измельчение фрагментов и выделение дисперсных частиц наноразмера вызывает повышение прочности при одновременном обеспечении высоких значений вязкости и пластичности.

На основании описанных способов получения требуемых физико-механических свойств материала, можно сформировать критерии выбора упрочняющей технологии: технология должна обеспечивать высокие показатели физико-механических свойств, быть экологически чистой и ресурсосберегающей.

Проведенные исследования показали, что всем трем условиям соответствует технология объемной поверхностной термической обработки с применением струйного охлаждения под давлением. Особенностью данного метода является возможность получения высоких физико-механических свойств сталей пониженной прокаливаемости, в частности стали 60ПП, благодаря использованию в качестве закалочной среды быстродвижущегося потока воды. При этом происходит выборочное закалывание, паровая рубашка при таком виде закалывания не образуется, чем обусловлено более интенсивное охлаждение детали, экологическая чистота процесса термической обработки при обеспечении в макроструктуре упрочняемой детали оптимального распределения свойств по сечению.

Указанный метод наилучшим образом отвечает задачам повышения надежности и долговечности дисковых рабочих органов сельскохозяйственных машин [3].

Проведенные полевые испытания дисков луцильников из стали 60ПП показали увеличение ресурса в 2 – 3 раза. Полученные результаты позволяют рекомендовать промышленное внедрение разработанной технологии реновация дисковых луцильников и обеспечить получение значительного экономического эффекта.

#### Список использованной литературы

1. Колпаков, С.В. Нанотехнологии в металлургии стали / С.В. Колпаков, В.А. Паршин, А.Н. Чеховой // Сталь, 2007. – №8. – С. 12 – 20.
2. Сидоров, С.А. Совершенствование конструкции и упрочнение дисковых рабочих органов / С.А. Сидоров // МЭСХ, 2003. – №8. – С. 22 – 30.
3. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин: монография / И.Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2010. – 320 с.
4. Объемно-поверхностная закалка пружин тележек грузовых вагонов из сталей пониженной и регламентированной прокаливаемости / В.М. Федин, А.И. Борц. – М.: Металловедение и термическая обработка металлов, 2009. – №11. – С. 33 – 40.

5 Астапчик, С.А. Лазерные технологии в машиностроении и металлообработке / С.А. Астапчик, В.С. Голубев, А.Г. Маклаков // – Минск: Беларус. наука, 2008. – 251 с.

6. Новое в применении лазерной термической обработки деталей и инструмента/ В.С. Голубев [и др.]. – Минск.: БелНИИНТИ, 1986. – 44с.

7 Гуляев, А.П. Металловедение : учебник для вузов. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.

**Abstract.** The working organs of tillers work under conditions of intense abrasive wear and periodic dynamic (shock) loads. Therefore, the study of the application of promising materials and methods of hardening them, providing high wear resistance with simultaneous resistance to impact loads, is of undoubted relevance.

УДК 573.6.086.83:577.18

**Кусин Р.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент,

**Закревский И.В.**<sup>1</sup>, инженер,

**Черняк И.Н.**<sup>2</sup>, **Жегздринь Д.И.**<sup>2</sup>,

**Якимович Н.Н.**<sup>3</sup>, кандидат технических наук,

**Якимович И.В.**<sup>3</sup>,

**Домбровский В.В.**<sup>4</sup>, **Райский А.П.**<sup>4</sup>

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

<sup>2</sup>ГНУ «Институт порошковой металлургии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь

<sup>4</sup>ООО «Молтехстроймонтаж» г. Минск, Республика Беларусь

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОРИСТЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ ГАЗОВЫХ ПОТОКОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

**Аннотация.** Показаны возможности применения пористых порошковых титановых материалов в качестве распределителей га-

зовых потоков на предприятиях АПК, в частности для диспергации озоносодержащих воздушных смесей, воздуха и пара с целью обеззараживания среды обитания рыб в установках замкнутого водоснабжения, насыщения кислородом воздуха культуральной жидкости при выращивании микроорганизмов в биореакторах и нагрева теплоносителя для обеспечения стерилизации жидких сред на молочных производствах.

### **Введение**

Методы порошковой металлургии позволили создать новый вид проницаемых материалов – пористые материалы на основе металлических порошков. В сравнении с другими проницаемыми материалами (войлок, бумага, ткани, полимеры, керамика) пористые порошковые материалы (ППМ) обладают рядом достоинств: имеют хорошее сочетание пропускной способности и тонкости очистки, прочны, устойчивы к тепловым ударам, поддаются сварке, пайке и механической обработке, способны многократно регенерироваться различными методами; выбором соответствующего материала обеспечиваются необходимые коррозионная стойкость, жаростойкость и теплопроводность. В зависимости от характеристик исходного порошка и технологии изготовления пористые материалы, получаемые на основе порошков бронзы, меди, коррозионностойкой стали, никеля, титана, вольфрама, ниобия, тантала обладают широким диапазоном свойств: пористостью от 0,2 до 0,8 и размерами пор от десяти до 1000 мкм. Одной из распространенных групп ППМ при классификации по применению являются распределители потоков, которые используются при пневмотранспорте сыпучих сред, аэрации жидкостей для их перемешивания или насыщения газами, в качестве элементов пористого охлаждения или нагрева и других целей.

### **Основная часть**

Целью данной работы является обмен опытом по эффективному применению ППМ в качестве распределителей газовых потоков на предприятиях АПК. Исходя из накопленного опыта, в качестве наиболее перспективных областей применения можно выделить три: аэрацию воздушного потока с целью насыщения культуральной жидкости при выращивании аэробных микроорганизмов в био-

реакторах, диспергацию потока озоносодержащей воздушной смеси для обеззараживания среды обитания рыб (в том числе и мальков) в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ) и равномерное распределение потока пара по объему теплоносителя (воды) для регулирования температуры в рабочих емкостях при тепловой обработке молока, молочных смесей и технологических сред, используемых при переработке молока.

Непременным условием культивирования аэробных микроорганизмов является аэрация ферментационной среды, то есть процесс насыщения последней кислородом воздуха. Микроорганизмы, растущие аэробно, зависят от содержания только растворенного в ферментационной среде кислорода. Наиболее распространенным методом, обеспечивающим эффективное растворение в жидкой среде кислорода, считается метод продувания через ферментационный раствор атмосферного воздуха. При прочих равных условиях интенсивность растворения кислорода определяется свойствами аэратора, непосредственно распределяющего поток воздуха в культуральной жидкости. Наиболее предпочтительными, по сравнению с другими, являются порошковые аэраторы [1].

Ниже приведены результаты лабораторных исследований и апробации в производственных условиях использования аэраторов на основе порошков титана при культивировании дрожжевых микроорганизмов *Debaryomyces hansenii var hansenii* (*D.f.v.*); культуральная среда подготавливалась на основе молочной сыворотки. Установлено, что пористый порошковый аэратор на основе порошка титана обладает скоростью насыщения в 1,6 раза большей по сравнению со штатным (перфорированным). Сравнение в процессе культивирования дрожжевых микроорганизмов *D.f.v.* при диспергации воздуха через штатные и порошковые диспергаторы на лабораторном ферментере также показало преимущество последних: увеличение биомассы составило около 25 % при одинаковом расходе воздуха (1 л/мин на 1 л объема культуральной жидкости).

Исследования в производственных условиях проводили на ОАО «Бобруйский завод биотехнологий» в аппарате чистой культуры (производственном ферментере для подготовки посевного материала *D.f.v.*, предназначенного для переработки молочной сыворотки в рабочем аппарате с целью получения белковой кормовой

добавки). Испытания показали, что, устройство для насыщения культуральной среды обеспечило завершение процесса культивирования через 12 ч, против 14 ч при работе штатного (перфорированного) диспергатора.

Одной из основных задач УЗВ является поддержание оптимального качества воды, как первичной подготовки воды, так и при ее регенерации в процессе рециркуляции играет операция обеззараживания. К числу наиболее распространенных методов обеззараживания относится озонирование. Для обеззараживания воды достаточно 0,5-4 мг/л (чем более мутная вода, тем больше нужно расходовать озона) [2, 3]. Порошковые диспергаторы были установлены взамен импортных производства компании Aqua-Sander (Германия), на УЗВ, принадлежащей ООО «Фирма «Ремона» (г. Могилев, Республика Беларусь) (рисунок 1, а, б), и показали хорошие результаты в процессе работы.



а)



б)



в)

Рисунок 1 – Внешний вид (а) и процесс эксплуатации (б) диспергатора на основе пористых порошковых титановых элементов и внешний вид импортного диспергатора после 1,5 лет эксплуатации (в)

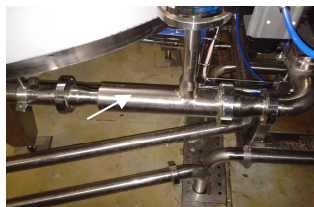
По истечении двух лет эксплуатации в УЗВ ООО «Фирма «Ремона» показатели диспергаторов не изменились, тогда как аналогичные изделия импортного производства пришли в негодность в результате саморазрушения по истечении полутора лет эксплуатации (рисунок 1, в).

Тепловая обработка – одна из основных и необходимых технологических операций переработки молока и молочных продуктов. В оборудовании, разработанном ООО «Молтехстроймонтаж» и успешно эксплуатирующемся на ОАО «Кобринский маслодельный-сыродельный завод», ОАО «Борисовский молочный комбинат» и Вилейском филиале «Молодечненский молочный комбинат», используются закрытые аппараты с теплообменной рубашкой, в ко-

торых нагрев проточного через рубашку теплоносителя (воды) осуществляется путем смешения с паром, что обеспечивает быстроту процесса и, соответственно, сокращает время полного технологического цикла. При этом, порошок титановый диспергатор обеспечивает равномерное распределение потока пара по объему теплоносителя, одновременно осуществляя очистку пара от твердых включений. На рисунке 2 представлены емкости для тепловой обработки технологических сред, используемые на ОАО «Кобринский маслодельный-сыродельный завод» (узел нагрева скрыт) и узел нагрева теплоносителя (стрелкой указан корпус, в котором закреплен титановый диспергатор), подаваемого в тепловую рубашку аппарата, предназначенного для пастеризации молочных смесей на ОАО «Борисовский молочный комбинат».



а)



б)

Рисунок 2 – Емкости для тепловой обработки технологических сред, используемые на ОАО «Кобринский маслодельный-сыродельный завод» (а) и узел нагрева теплоносителя (стрелкой указан корпус, в котором закреплен титановый диспергатор), подаваемого в тепловую рубашку аппарата, предназначенного для пастеризации молочных смесей на ОАО «Борисовский молочный комбинат» (б)

Узел нагрева с порошковым диспергатором при относительно небольших размерах и простом конструктивном исполнении обеспечивает нагрев емкости с рабочей загрузкой жидкой среды массой 1,0 тонна до 95 °С в течение 45 минут; пар подается под давлением 4-5 атм при температуре 140-160 °С.

### **Заключение**

В работе приведены случаи, эффективного применения ППМ в качестве распределителей газовых потоков на предприятиях АПК. Раскрыты из возможности для диспергации озоносодержащих воз-

душных смесей, воздуха и пара с целью обеззараживания среды обитания рыб в установках замкнутого водоснабжения, насыщения кислородом воздуха культуральной жидкости при выращивании микроорганизмов в биореакторах и нагрева теплоносителя для обеспечения стерилизации жидких сред на молочных производствах, соответственно.

Список используемой литературы

1. Жерноклев, А.К. Аэрация и озонирование в процессах очистки воды [Текст] / А.К. Жерноклев, Л.П. Пилиневич, В.В. Савич / под редакцией Н.В. Холодинской. – Минск: Тонпик, 2002. – 129 с.
2. Козлов, А.И. Влияние озонирования на улучшение качества водной среды в установках замкнутого водоснабжения [Текст] / А.И. Козлов, Н.В. Барулин // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства: сб. науч. тр. / УО БГСХА. – Горки: БГСХА, 2006. – Вып. 8, Ч. 1. – 214-215.
3. Григорьев, С.С. Индустриальное рыболовство в 2-х ч. Ч. 1. Биологические основы и основные направления разведения рыбы индустриальными методами: Учебное пособие для студентов специальности 110901 «Водные биоресурсы и аквакультура» очной и заочной форм обучения [Текст] / С.С. Григорьев, Н.А. Седова. – Петропавловск-Камчатский: Камчат ГТУ, 2008. – 186 с.

**Abstract.** The application possibilities of porous powder titanium materials have been shown as gas flow distributors in agro-industrial enterprises, in particular, for dispersing ozone-containing air mixtures, air and steam for the purpose of disinfecting the fish habitat in recirculating aquaculture system, air saturation by oxygen of the culture liquid while growing microorganisms in bioreactors and warming up a heat-transfer to ensure the sterilization of liquid media in dairy production, respectively.

УДК 621.8-1/-9:62-272.4

**Пастухов А.Г.**, доктор технических наук, профессор  
*Белгородский государственный аграрный университет  
имени В.Я. Горина, г. Белгород, Российская Федерация*

## **ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ЗВЕНА СИЛОВОГО КОНТУРА ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА**

***Аннотация.** Представлено решение по обоснованию параметров конструктивного элемента в виде тонкостенной втулки, на которой устанавливается тензометрическое звено для измерения крутящего момента в силовом контуре испытательного стенда. Полученное решение позволяет убедиться в достоверности показаний при тарировке и использовании тензометрического звена при испытаниях на стенде.*

**Постановка проблемы.** К основному аспекту технологической модернизации сельского хозяйства России относится повышение надежности транспортных и технологических машин, используемых в агропромышленном комплексе страны. Вопросы испытаний и контроля надежности связаны с решением задач по определению надежности узлов и агрегатов сельскохозяйственных машин и оборудования. Наиболее эффективными с точки зрения затрат и качества полученного результата являются стендовые ускоренные испытания в условиях наиболее полного моделирования эксплуатационных режимов нагружения [1]. Ускоренные испытания на надежность проводят, как правило, либо уплотненными по времени, либо учащенными испытаниями, либо ужесточенными по нагрузке. Описанные разновидности условий испытаний поднимают вопрос обеспечения прочности и жесткости деталей и узлов конструкции испытательного стенда. Кроме того, необходимо обеспечить достоверность измерений параметров нагруженности при испытаниях, в частности, по крутящему моменту. В этой связи постановка задачи обоснования

конструктивных параметров чувствительного элемента в виде втулки с целью обеспечения надежной чувствительности тензометрического звена, расположенного на наружной цилиндрической поверхности упомянутой втулки является актуальной.

**Анализ исследований и публикаций.** Разработке методов и технических средств стендовых испытаний посвящены работы И.Н. Величина, Л.М. Клятиса, Ю.Н. Ломоносова и других ученых и практиков [1-3]. Однако в данных работах небыли показаны вопросы конструирования и обеспечения работоспособности измерительных звеньев, в частности, тензометрических.

**Цель и задачи исследований.** На основании изложенного выше цель настоящей работы – выполнить из расчета на прочность при кручении определение геометрических параметров измерительного чувствительного элемента.

Для достижения поставленной цели следует решить задачи: 1) выявить форму и вид нагрузки на чувствительный элемент силового контура стенда; 2) определить минимально необходимые геометрические параметры чувствительного элемента.

**Основной материал исследований.** При кручении полого вала в нем возникает плоское напряженное состояние чистого сдвига, причем главные деформации направлены под углом 45 к оси вала. Так как, главные деформации равны между собой по величине и противоположны по знаку, то формула определения главных напряжений опытным путем имеет следующий вид [4]

$$\sigma_1 = -\sigma_3 = \frac{E}{(1+\nu)} \cdot \varepsilon, \quad (1)$$

где  $\sigma_1, \sigma_3$  – главные напряжения, МПа;

$E=2 \cdot 10^5$  – модуль продольной упругости стали, МПа;

$\nu=0,28$  – коэффициент Пуассона для стали;

$\varepsilon=\varepsilon_1=-\varepsilon_3$  – главные деформации, измеренные тензорезисторами.

При чистом сдвиге в каждой точке поперечного сечения возникают касательные напряжения, максимальная величина которых равна главным напряжениям  $\tau_{max}=\sigma_1=-\sigma_3$  и определяется по зависимости [4]

$$\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{W_p} = \frac{T_{\max}}{\pi D^3 (1 - \alpha^4) / 16}, \quad (2)$$

где  $T_{\max}$  – максимальный крутящий момент, Н·м;  
 $W_p$  – полярный момент сопротивления сечения бруса, м<sup>3</sup>;  
 $D$  – наружный диаметр кольцевого сечения, м;  
 $\alpha = d/D$  – коэффициент отношения диаметров;  
 $d$  – внутренний диаметр сечения, м.

Деформацию  $\varepsilon$  определяем по относительному изменению сопротивления тензорезистора, регистрируемого измерителем деформации (ИДЦ-1), по формуле [4]

$$\varepsilon = 2\alpha(n_1 - n_0) / k, \quad (3)$$

где  $n_0$  – начальное показание ИДЦ-1, ед;  
 $n_1$  – показание измерителя деформации при нагруженном объекте, ед;  
 $k=2$  – коэффициент тензочувствительности материала проводника тензорезистора;  
 $\alpha = 10 \cdot 10^{-6}$  – цена единицы дискретности измерителя деформации, в случае, если внешний полумост имеет два активных тензорезистора –  $\alpha/2$ .

На основании формул (1) – (3) получаем условие согласования деформации звена с сигналом измерительной цепи в следующем виде

$$\frac{\tau_{\max}}{W_p} \leq \frac{E[2\alpha(n_1 - n_0) / k]}{(1 + \nu)}. \quad (4)$$

Тогда из условия прочности (4) формула для определения размеров тензозвена имеет вид

$$W_p \geq \frac{T_{\max}(1 + \nu)}{E[2 \cdot 0,5 \cdot \alpha(n_1 - n_0) / k]}. \quad (5)$$

Вычислим минимальное значение момента сопротивления по формуле (5), задаваясь значениями режима нагружения  $T_{\max} = 3,0$  кНм и тарировочного диапазона  $(n_1 - n_0) = 100$  еод (единиц относительной деформации), откуда получаем

$$W_p \geq \frac{T_{\max}(1+\nu)}{E[2\alpha(n_1 - n_0)/k]} \geq \\ \geq \frac{3,0 \cdot 10^3 \cdot (1+0,28)}{2 \cdot 10^{11} \cdot [2 \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 100/2]} \geq 3,84 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

**Выводы.** Исходя из конструктивных соображений при  $\alpha=0,9$  принимаем размеры поперечного сечения тензоэлемента равными  $D=84$  мм и  $d=74$  мм, при которых  $W_p=4,65 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ , что не противоречит условию (5).

Таким образом, на основании выполненного расчета нами подтверждена достаточность принятых геометрических параметров при изготовлении чувствительного элемента силового контура стенда в виде тонкостенной втулки.

#### Список использованной литературы

1. Величкин, И.Н. Ускоренные испытания – залог конкурентоспособности техники / И.Н. Величкин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1999. - № 3. – С. 41-43.
2. Клятис, Л.М. Особенности разработки и применений испытательных стендов / Л.М. Клятис, Б.Ш. Хабатов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1990. - № 5. – С. 4-5.
3. Пастухов, А.Г. Усовершенствованные стенды для ресурсных испытаний карданных передач / А.Г. Пастухов // Автомобильная промышленность. – 2008. - № 5. – С. 35-37.
4. Биргер, И.А. Расчет на прочность деталей машин: справочник / И.А. Биргер, Б.Ф. Шорр, Г.Б. Иосилевич. – 4-е изд., перераб. и доп.– М.: Машиностроение, 1993. – 640 с.

**Abstract.** Presents decision on the justification of the parameters of the structural element in the form of a thin-walled sleeve, which is installed strain gauge bridge for torque measurement in the power circuit of the test stand. The solution allows you to verify the reliability of the readings in the calibration and use of strain level during testing on the bench.

УДК 631.3.02-049.3

**Дунаев А.В.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;  
**Фильков М.Н.**, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник

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

## **СЕРПЕНТИНОВЫЙ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЙ СОСТАВ «САРАНОВСКИЙ». ПРИГОТОВЛЕНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ**

***Аннотация.** В статье приведены трибологические исследования высокодисперсных порошков минералов группы серпентина – гидросиликатов магния  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$  и близких к ним серпентиновых ремонтно-восстановительных составов или геомодификаторов трения. Проведено более 5000 трибоиспытаний 80 различных композиций. В создании серпентиновоготриботехнического состава в Наноцентре ГОСНИТИ использованы отходы флотации хромовых руд Сарановского горнорудного предприятия*

*Сравнительные испытания показали, что трибосостав «Сарановский» в моторном масле М-10Г<sub>2К</sub> среднего класса качества приблизил его триботехнические свойства к лучшему в мире моторному маслу фирмы Mobil до коэффициента трения 0,04.*

***Ключевые слова:** минералы, измельчение, микроскопия, дифрактометрия, триботехнические испытания, коэффициент трения.*

### **Введение**

Нетрадиционная триботехника с применением органических, металлических и минеральных триботехнических составов позволяет проводить безразборный ремонт изношенных узлов трения самой различной гражданской и военной техники. С 1942 г она развивалась медленно, но с 2000 гг. уже насчитывалось около 200 разнообразных триботехнических составов, из которых в странах Европы, Азии, Америки широко используется несколько десятков.

В России благодаря простоте приготовления, применения и эффективности наиболее широкое применение нашли порошки минералов группы серпентина. Их создание и обоснование применения

произошло в 80-90-х гг. в Санкт-Петербургских и многих других научно-исследовательских институтах России.

В последние 25 лет расширяется применение нетрадиционных триботехнических материалов для эффективного безразборного восстановления работоспособности изношенных узлов трения самой различной, особенно в РФ, но также в Финляндии, Японии, Германии, Китае. Разработка [1-6] и апробация [7-18], например, минеральных трибоматериалов особенно расширяется в РФ, а общее разнообразие трибоматериалов (более 200) известно во многих странах Европы, в Азии, Африке, Америке. Но с 2000 гг. в РФ выдвинулись наноалмазные трибосоставы [19], а в 2015 г. – появились наноразмерные углеродные волокна Красноярского института химии и химической технологии.

Среди трибоматериалов для безразборного ремонта пока особенно привлекательны порошки минералов группы серпентина благодаря простоте приготовления, применения и эффективности. Их зарождение произошло в Санкт-Петербурге в 80-х гг. [1, 3, 5], обоснование применения – в институте Механобр [3], в ИМАШ РАН [2], во многих других НИИ, а первый опыт использования – в НПИФ «Энион-Балтика», НПЦ «Руспромремонт» [13], ООО «СУПРОТЕК», в десятках других гражданских и военных организаций РФ, Японии, Финляндии, Китая, Франции, Германии, Египта, Греции и др. [7-18].

Одно из исследований в ГОСНИТИ имело целью создание стабильного по минералогии и трибосвойствам ремонтно-восстановительного состава из отходов производства горнорудных предприятий.

### **Основная часть**

**Использованные материалы, приборы и оборудование.** В качестве сырья использованы отходы флотации горнорудного комбината «Сарановский» Чусовского р-на Пермского края на западном склоне Урала. Первичное сырье – руда комбината состоит, по данным ГНЦ РФ АО «Гиредмет», на 95% из хромшпинелида – промышленного источника хрома и силиката, представленного серпентином, развитым по пироксену и редко по оливину. А отходы флотации на хромовые минералы (по данным того же НИИ) состоят, в основном, из минерала лизардитового баститита по ортопироксену и апооливинового лизардита  $(Mg_3[Si_2O_5](OH)_4)$ . С незначительным содержанием хромшпинелида  $(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe,Ti)_2O_4$  в отходах может быть немного хлоритов, кальцита и граната.

В приготовлении трибосостава в Наноцентре ГОСНИТИ использовали: электрошкаф СНОЛ (до 350 °С); виброгрохот «Analizzate 3Pro» (сита 20, 25, 32, 50 и 100 мкм); шаровую планетарную мельницу «АКТИВАТОР 2SL» (порошок 70 г, стальные шары 15 мм – 10 шт., 10 мм – 20 шт. и 6 мм – остальное до 350 г.; длительность измельчения 5 и 10 мин); инвертированный металлографический микроскоп «OLIMPUSGX 51»; рентгеновский дифрактометр XRD 6000 с библиотекой спектров «ICDD»; трибометр TRB-S-DE со стальной трибопарой «палец-диск» в масле М-10Г<sub>2</sub>КВ режиме ступенчатого нагружения до давления 218 МПа, скорости скольжения 1 м/с, пути трения 1500 м.

**Приготовление и испытания трибосостава «Сарановский».** Исходный порошок на сите 1 мм был очищен, в течение часа при 105 °С высушен, фракционирован на сите 100 мкм виброгрохота, подвергнут измельчению на мельнице и повторному фракционированию на сите 50 мкм. Вид полученного порошка приведен на рисунке 1, а микрофотография его частиц – на рисунке 2.



Рисунок 1 – Фракционирование порошков на виброгрохоте «Analizzate-3 Pro»; порошок слева – исходный, в центре – обработанный, он стал светлее; справа порошок «ИКСАР»; в пробирках трибосостава «Сарановский», РВД; в баночках – порошки ГМТ из Грузии

**Полученные результаты. Свойства ГМТ «Сарановский».** По данным рентгено-фазового анализа порошок представляет собой частицы минерала Лизардита - основной триботехнический составляющий серпентина. Кристаллы его формируются в моноклинной системе. Цвет измельченного порошка серо-желтый, плотность 2550 кг/м<sup>3</sup>, твердость по минералогической шкале 2,5.

На рисунке 2 видно, что большая доля частиц имеет размеры 1-5 мкм, но имеются редкие агломераты до 40 мкм. Средний размер частиц – 2,3 мкм. Так как по 25-летней практике и по ТУ на ГМТ

оптимальным размер частиц 1-25 мкм [2, 10], то трибосостав «Сарановский» по фракционному составу удовлетворителен.

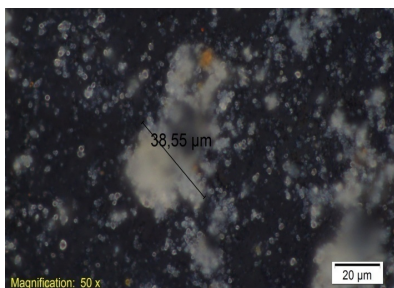


Рисунок 2 – Микрофотография частиц трибосостава «Сарановский» на микроскопе OLIMPUS GX51

По выступлениям участников конференции в ГК РОСНАНО 15.01.2009 и по некоторым публикациям [2, 5, 7, 10] соединения хрома в ГМТ вредны. Поэтому порошки до и после измельчения были подвергнуты дифрактометрии (рисунок 3).

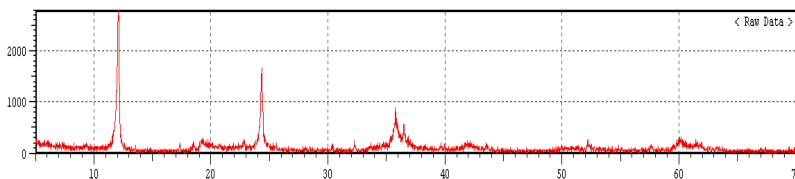


Рисунок 3 – Дифрактограмма порошка ГМТ «Сарановский»: идентифицирован Lizardite-1T

Выявлено, что из всех веществ при поиске в основных томах библиотеки ICDD соединения хрома не выявлены. В ГМТ «Сарановский» по ICDD выявлены:

- $(\text{Mg,Al})_3(\text{Si,Fe})_2\text{O}_5$  – AluminumIronMagnesiumSi, Lizardite-1T – основной минерал группы серпентина;
- $\text{Ni}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$  – NickelSilicateHydroxide, Pecoratite-2Mc1 – вторичный минерал группы серпентина, как примесь;
- $\text{Ni}_5\text{Al}_4\text{O}_{11}\cdot 18\text{H}_2\text{O}$  – NickelAluminumOxideHydroxide – другая примесь.

Следует отметить, что параллельно исследованный ГМТ от ООО «СТАНРУС» для «W1-технологии» [8] представляет собой смесь более 12 минералов, из которых 2 не относятся к минералам

группы серпентина, 6 представлены алюминиевыми гидросиликатами, один – гидросиликат железа, один – гидросиликат смешанного состава (железа, магния и алюминия) и лишь один – гидросиликат магния:  $Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$  – MagnesiumSilicateHydroxide, Clinochrysotil.

**Сравнительные триботехнические испытания ГМТ «Сарановский».** Результаты испытаний нескольких трибосоставов приведены на рисунке 4.

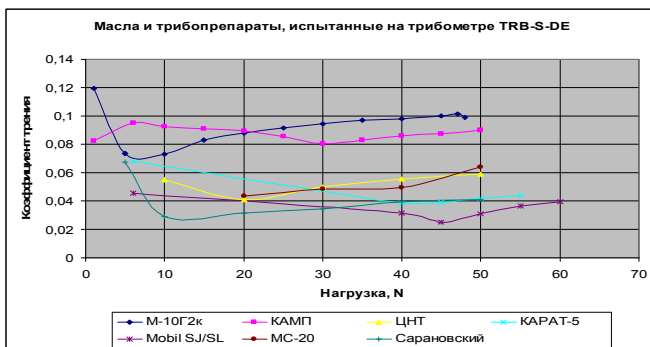


Рисунок 4 – Коэффициенты трения стальной трибопары «палец-диск» в масле фирмы Mobil классов SJ/SL по API и 05W-30 по SAE, а также в масле M-10Г<sub>2</sub>к (ЗАО Роснефть) и с введенными в нем трибосоставами: профилактический КАМП (ООО «Авгостанкопром»), серпентиновые ЦНТ (ООО «ЦНТ»), МС-20 (ГОСНИТИ и ООО «РИП»), «Сарановский» (ГОСНИТИ и ВИЭСХ), и наноалмазный КАРАТ-5 (ООО «Реал-Дзержинск» и Красноярский ИХХТ).

Трибоиспытания показали высокую нагрузочную и антифрикционную эффективность масла фирмы Mobil, по-видимому, одного из лучших мировых, совпадение антифрикционных свойств составов ЦНТ и МС-20, предположительно аналогичных по сырью и технологии приготовления. Хорошие антифрикционные свойства подтвердили наноалмазные составы КАРАТ-М и КАРАТ-5. А ГМТ «Сарановский» (ГОСНИТИ и ВИЭСХ) выявлен лучшим из серпентиновых и приближает трибосвойства моторного масла M-10Г<sub>2</sub>к среднего уровня качества, класса CC по API, к высшим трибосвойствам масла фирмы Мобил.

Механизм образования серпентиновымитрибосоставами покрытий до сих пор не обоснован. Их, как углеродных пленок, подобных diamond-likefilms (DLS), после публикации статьи-отчёта китайских

исследователей [20], впервые 15.01.2009 г. на конференции в ГК «Роснано» представил к.б.н. Павлов О.Г. Ранние версии о природе таких покрытий образованием металлокерамики, природных пленочных зеркал скольжения, диффузией ионных компонентов порошков в поверхности трения и их необычной трансформации на глубину до 1 мм, а также микро-металлургическими процессами, образованием карбидов железа. противоречивы и не соответствуют составу покрытий. Однако механизм образования от ГМТ углеродных трибопокрытий в публикациях Павлова О.Г. пока не представлен.

Обобщены известные отечественные [1, 3-9, 11, 15, 18], зарубежные [20-28] и выявленные нами [17] особенности ГМТ-покрытий. Это – зеркальная чистота ( $Ra \approx 0,07$  мкм [20]) и прозрачность, высокая твердость (HV 1100-1850 кгс/см<sup>2</sup> [4]), оранжево-золотистый цвет, окрашиваемость [15], стойкость против травления раствором азотной кислоты [8], сопротивление 10-12 Ом/см, повреждаемость электричеством, содержание углерода до 90 % [20], ускорение образования с введением по предложению Павлова О.Г. углеродной сажи, отсутствие в покрытии исходных компонентов ГМТ [20], дальнейшее наращивание и без ГМТ и даже на сухую.

Проанализированы зарубежные исследования по созданию и анализу свойств углеродных триботехнических покрытий (Diamond-Like Carbon Films) [21-23], а также комплекс (24 статьи) их разносторонних исследований [24]. Приняты во внимание и исследования покрытий на основе соединений атомов углерода с водородом [25], карбоновых [26, 27], алмазных [28] покрытий. Но главное внимание было уделено исследованиям покрытий от серпентиновых составов, проведенных в лаборатории трибологии Пекинского университета Циньхуа [20].

Из анализа всех данных предположено, что в начале, при измельчении частиц ГМТ происходит их физическая активация, физико-химические преобразования [17], очистка поверхностей трения и открытие ювенильных поверхностей кристаллов абразивным действием минералов, на них, как выявлено в ИЦ «ЛИК» [15], создается, минеральное сталагмитовое основание (рисунок 5), а на нём, с возможным участием трибоплазмы [4], идут карбонизация ( $sp^3$ ) и трибополимеризация компонентов среды [20-24] в ГМТ-покрытие. В нем продуктами износа вкраплены карбиды, оксиды и гидроокиси железа [20]. Расчетная толщина покрытия по Любимову Д.Н. 600 мкм, а в практике НПИФ «Энион-Балтика» до 1000 мкм.

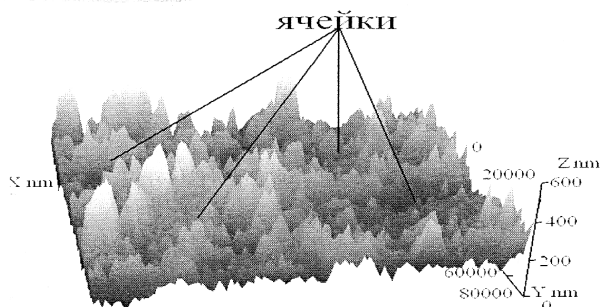


Рисунок 5 – Топография поверхности после трения в смазочной композиции с GMT: видна пространственная сталагмитовая структура, выросшая по граням кристаллов металлов, на которой и растёт антифрикционное GMT-покрытие.

Полагаем, что наращивание углеродсодержащего GMT-покрытия даже в последующем отсутствии GMT идет благодаря трибоактивации поверхностей [3], а также при неординарной химической активности атомов углерода с их не скомпенсированными поверхностными связями, возможностями  $sp^1$ ,  $sp^2$ ,  $sp^3$  гибридизации [6], хемосорбцией ими углеводородов смазки, а при работе сопряжений на сухую – даже углекислого газа из окружающей среды.

Это, по-видимому, подтверждается пионерами внедрения GMT фактом ускорения роста покрытий при вводе в GMT кузнечной сажи, образованием тех же углеродных алмазоподобных пленок и GMT-покрытий наноалмазными составами КАРАТ-М, КАРАТ-5 и наноуглеродными волокнами «GRAF-SB» Красноярского ИХХТ СО РАН, где на поверхностях трибопар образуются цепочки Me-C-C-C.

При GMT-обработке из выпускного тракта ДВС идет повышенное паро- и водовыделение (до 1,5 л за 5-10 мин). Это можно объяснить разрушением в выпускном тракте ДВС водомасляного шлама активированными отработавшими газами от сгоревших компонентов GMT.

В Тамбовском ФГБНУ ВНИИТиН были проведены 250-часовые эксплуатационные испытания трибосостава «Сарановский» в дизелях тракторов МТЗ-82, МТЗ-1221и ДТ-75М. Испытаниями было отмечено общее снижение расхода топлива тракторов на 5-8 %, угара моторного масла на 10-12 %, а дымности отработавших газов на 8-15 %. Но самое главное - содержание железа в моторных маслах уменьшилось по сравнению с содержанием в предыдущий пе-

риод работы также 250 часов, на 20-25 %. Это свидетельствовало о действительно противоизносном свойстве трибосостава и об увеличении срока службы испытанных дизелей, что еще раз подтвердило известную с начала 90-х гг. [6-8, 10, 12-14, 16-18] эффективность ГМТ-технологии.

### **Заключение**

Результаты исследований дают основания считать, что ГМТ «Сарановский» из промышленных отходов, содержащий основным минералом Лизардит 1Т, удовлетворительный, а создание искусственного ГМТ из промышленных материалов выполнено. Выявлена перспективность производства и широкого использования ГМТ на основе отходов флотации комбината «Сарановский». Полученный ГМТ может использоваться для безразборного восстановления работоспособности изношенных ДВС, силовой передачи. Для гидропривода его порошок требует выделения фракции до 10 мкм седиментацией крупных частиц и выделения из верхней части суспензии мелкой фракции.

Гипотеза образования ремонтно-восстановительных покрытий в сопряжениях трения может содержать: физико-химические преобразования и активацию частиц ГМТ при их измельчении, открытие ими ювенильных поверхностей кристаллов, образование на них минеральной сталагмитовой структуры, а на ней, с возможным участием трибоплазмы, идут карбонизация и трибополимеризация компонентов среды. После удаления трибосостава дальнейший рост покрытий возможен благодаря их трибоактивации и неординарным свойствам атомов углерода.

250-часовые эксплуатационные испытания трибосостава в ФГБНУ ВНИИТиНв дизелях трех Российских тракторов показали снижение расхода топлива на 5-8 %, угара масла на 10-12 %, дымности газов на 8-15 %, а содержания железа в маслах на 20-25 %. Это еще раз подтвердило известную с конца 80-х гг. эффективность безразборного ремонта серпентиновыми составами в увеличении ими срока службы автотракторной техники.

### **Список использованной литературы**

1. Ващенко А.В., Казарезов В.В., Таловина И.В., Костенко В.В. Серпентины в триботехнике – Минералогия.- № 1, 2002.- с. 12-17.
2. Дроздов Ю.Н., Буяновский И.А., Зеленская М.Н., Гостев Ю.В., Новиков В.И., Заславский Н.Р. и другие. Новая противоизносная и

антифрикционная ресурсовосстанавливающая композиция присадок к смазочным материалам. Проблемы машиностроения и надежности машин. М.: 2004. - № 5. - с. 50-53.

3. Зуев В.В. Конституция, свойства минералов и строение земли (энергетические аспекты). С.-Пб: Наука. - 2005. - 400 с.

4. Сокол С.А., Дунаев А.В. Формирование катализатором «Evo@lution» в зонах трения алмазоподобных углеродных пленок. Материалы международной конференции «Проблемы синергетики в трибологии, трибоэлектрохимии, материаловедении и мехатронике». Новочеркасск: 2011. - с. 133-137.

5. Телух Д.М., Кузьмин В.П., Усачев В.В. Введение в проблему использования природных слоистых гидросиликатов в трибосопряжениях. Интернет-журнал «Трение, износ, смазка», 2009. - № 3. - С. 13-17.

6. Лавров Ю.Г. Повышение долговечности корабельных ДВС введением неорганических присадок природного происхождения. Диссертация на соискание ученой степени к.т.н. С.-Пб.: ВМА.- 1997. - 288 с.

7. Шабанов А.Ю. Очерки современной автохимии, мифы или реальность. СПб.: 2004. - 216 с.

8. ГНЦ РФ. ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова». Отчет о НИР № 13505, 31.10.2008 г. «Исследование влияния триботехнического состава «WL-авиа» на изменение свойств основных деталей двигателей семейства М-14 на основании результатов стендовых испытаний». М.: 2008. - 35 с.

9. Любимов Д.Н., Долгополов К.Н. и др. Структура смазочных слоев, формируемых при трении в присутствии присадок минеральных модификаторов трения. Трение и износ.- 2009, № 5 (30), с. 516-521.

10. Белый И.Ф., Меркулов А.Ф., Белый В.И., Голубев И.Г. Эффективное использование антифрикционных добавок к трансмиссионным и моторным маслам. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2011. - 52 с.

11. Васильков Д.В., Пустовой И.Ф., Пустовой Н.И. Анализ поверхностного слоя, формируемого минеральными модификаторами поверхности трения. М.: Труды ГОСНИТИ.- Т. 107, ч. 2. - 2011. - с. 11-13.

12. Чечет В.А. Избирательный способ ремонта агрегатов машин. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011. - Т. 107, ч. 2.-с. 34-37.

13. Пустовой И.Ф. 14-летний опыт Питерской РВС-технологии. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011.- Т. 107, ч.2.-с. 38-40.

14. Остриков В.В., Бусин И.В., Попов С.В. Увеличение ресурса работающего моторного масла и повышение его противоизносных свойств. М: Труды ГОСНИТИ. - 2012.- Т. 109, ч.1.-с. 81-84.

15. Долгополов К.Н., Потеха В.Л., Любимов Д.Н. Трибология геомодифицированных смазочных материалов: монография. – Гродно: ГГАУ, 2013. – 430 с.

16. Дунаев А.В., Лялякин В.П., Соловьев Р.Ю. Технологические рекомендации по повышению ресурса агрегатов тракторов ремонтно-восстановительными добавками к смазочным маслам. М.: ФГБНУ «Росинформагротех».- 2013.- 96 с.

17. Дунаев А.В., Шарифуллин С.Н. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов. Казань: Издание Казанского университета.- 2013.-272 с.

18. Лазарев С.Ю. О концептуальных вопросах исследований в области трибологии природных минеральных материалов. М: Труды ГОСНИТИ.- Т. 124, ч. 2.- 2016, с.- 47-52.

19. Пузырь А.П. и др. Перспективы использования детонационных наноалмазов с повышенной коллоидной устойчивостью в технических областях. Нанотехника, 2006.- № 4 (8).- с. 96-95.

20. Yuansheng, J. and Shenghua, L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of  $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$  /. Edited by Ali ErdemirElsevier B.V., 2007. In Book «Super-lubricity», edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. Elsevier, 2007. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK, pp. 445-469.

21. Erdemir A. and Eryilmaz. O.L. Superlubricity in Diamondlike Carbon Films. In Book «Superlubricity». Edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. 2007. Elsevier. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. pp. 253-272.

22. Makoto Kano. Overview of DLC-Coated Engine Components. In Book «Coating Technology for Vehicle Applications». Sung Chul Cha Ali Erdemir Editors. Springer International Publishing. Switzerland. 2015. pp. 37-62.

23. Nagashima So and Moon Myoung-Woon. Diamond-Like Carbon Coatings with Special Wettability for Automotive Applications. In Book «Coating Technology for Vehicle Applications». Sung Chul Cha Ali Erdemir Editors. Springer International Publishing. Switzerland. 2015. pp. 191-202.

24. Tribology of Diamond-Like Carbon Films. Fundamentals and Applications. Christophe Donnet Ali Erdemir Editors. 2008, Springer Science + Business Media, LLC. 664 p.

25. Fontaine J. and Donnet. C. Superlow Friction of a-C:H Films: Tribochemical and Rheological Effects. In Book «Superlubricity». Edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. Elsevier. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. pp. 273-294.

26. Freyman C., Zhao B. and Chung. Y.-W. Suppression of Moisture Sensitivity of Friction in Carbon-Based Coatings. In Book «Superlubricity» Edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. Elsevier. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. pp. 295-310.

27. Street K.W., Miyoshi Jr., K. and Vander Wal R.L. Application of Carbon Based Nano-Materials to Aeronautics and Space Lubrication. In Book «Superlubricity» Edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. Elsevier. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. pp. 311-340.

28. De Barros Bouchet M.I. and Kano M. Superlubricity of Diamond/Glycerol Technology Applied to Automotive Gasoline Engines. In Book «Superlubricity». Edited by Ali Erdemir and Jean-Michel Martin. Elsevier. Radarweg 29, PO Box 211, 1000 AE Amsterdam, The Netherlands the Boulevard, Langford Lane, Kidlington, Oxford OX5 1GB, UK. pp. 471-492.

**Abstract.** The article describes the tribological study of vysokodispersnye powders of the serpentine group minerals – magnesium hydrosilicates  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$  and similar serpentine repair compositions or geomodifiers friction. Conducted more than 5000 tribosphenic 80 different songs. In creating serpentinejarrahdale composition in the Nanocenter GOSNITI waste is used flotation chrome ore Deposit mining facility Comparative tests showed that tribalistas "Sarnowski" in the engine oil M-10G2K middle class quality brought its tribological properties to the world's best motor oil company Mobil to the coefficient of friction of 0.04.

**Key words:** minerals, crushing, microscopy, diffraction, tribological testing, the friction coefficient.

УДК 629.3.014.2.017

**Дунаев А.В.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник;

**Павлов О.Г.**<sup>2</sup>, кандидат биологических наук;

**Пустовой И.Ф.**<sup>3</sup>, инженер-химик;

**Рыжов В.Г.**<sup>4</sup>, инженер-механик

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

<sup>2</sup> Творческая компания «НЕОСФЕРА», г. Москва, Российская Федерация,

<sup>3</sup> ООО «РеалИнПроект», г. Москва, Российская Федерация,

<sup>4</sup> ООО «ТРИГГЕР», г. Москва, Российская Федерация

## **МЕХАНИЗМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ГЕОМОДИФИКАТОРОВ ТРЕНИЯ**

***Аннотация.** В статье проанализированы свойства покрытий, аналогичных углеродным алмазоподобным пленкам, но толщиной до 600 и 1000 мкм. Исследованы особенности процессов образования покрытий в маслах. В итоге представлено, что процесс образования трибопокрытий включает: активацию частиц минералов, абразивное открытие ими ювенильной, каталитически активной поверхности металлов; образование на активной поверхности металлов минеральной структуры; трибополимеризацию на минеральной структуре компонентов среды; наращивание покрытия без серпентинов и без масла адсорбцией углекислого газа уникально активными атомами углерода, возбуждаемыми трением.*

***Ключевые слова:** покрытие, состав, свойства, ювенильная поверхность, частица минерала, активация, полимеризация, углерод, химическая активность.*

### **Введение**

Во многих странах ширится использование безразборного ремонта изношенных сопряжений трения различной гражданской и военной техники. Для этого с 40-х гг. используются различные триботехнические составы, но с 90-х гг. в России наиболее востребованы отечественные высокодисперсные порошки минералов группы серпентина - слоистые гидросиликаты на основе комплексных кремнекислородных радикалов  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$  с катионами магния,

никеля, железа, алюминия основной формулы  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$  с примесями. Они названы геомодификаторами трения (ГМТ).

Технологии приготовления и эффективного применения ГМТ десятком организаций отработаны хорошо. Безразборный ремонт позволяет восстанавливать изношенные, но не аварийные, узлы до уровня и даже несколько выше новых.

За 25-летнее развитие Российской технологии «безразборного ремонта» практически всех узлов трения вводом в их смазку высокодисперсных порошков минералов группы серпентина, названных геомодификаторами трения (ГМТ), показало ее актуальность, эффективность и высокую рентабельность [1]. ГМТ-технология апробирована на миллионе изделий гражданского и военного машиностроения в РФ и за рубежом. Продолжается ее использование и развитие в Японии, Финляндии, Китае, Германии, Чехии, ее апробация проведена во многих странах Европы, Азии, Латинской Америки. Однако коренные проблемы этой технологии разрешены только в прикладном плане, а механизм работы геомодификаторов, несмотря на глубокие исследования в Китае, Франции, Финляндии, в РГУ им. И.М. Губкина, в ООО «ЛИК» (г. Шахты) раскрыт лишь частично. Это породило несколько противоречивых его гипотез.

### **Основная часть**

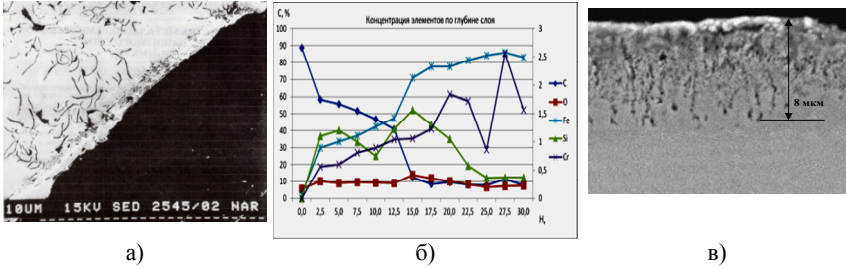
Целью исследования является создание предпосылок к объяснению механизмов образования триботехнических покрытий при вводе в масла серпентиновых трибосоставов – слоистых гидросиликатов магнезия, никеля, железа основной формулы  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$  с незначительными примесями.

Анализом выявлено [1], что ранние гипотезы образования ГМТ-покрытий нагартовкой, образованием металлокерамики, диффузией компонентов серпентинов, ионообменом металлов и другие не состоятельны, т.к. не соответствуют показателям покрытий:

- на их поверхностях до 90% углерода ([1], рисунки 1 – 3), мало в покрытии исходных компонентов ГМТ и железа; ускорение образования с введением углеродной сажи; ИК-спектроскопией в покрытии показаны связи C—H, C=O, C—O—C, O—H и немного ароматиков [2 – 4]; сопротивление 10-12 Ом/см; даже при незначительном воздействии электричеством покрытие сгорает;

- стекловидная прозрачность, зеркальная чистота 14-го класса ( $Ra \approx 0,07$  мкм [2], рисунки 4, 5), высокие микротвердость и антифрикционность [1, 2], оранжево-золотистый цвет, окрашиваемость

[5], стойкость против травления раствором азотной кислоты, нарастающая прочность связи с подложкой, олеофильность (угол смачивания водой  $58^\circ$ , а на стали –  $12^\circ$  [5]), полярнее минерального масла (угол смачивания при нанесении тонкого слоя масла  $85^\circ$ ), не смывается растворителями, окрашивается красителями.



а) б) в)

Рисунок 1 – Характеристики GMT - покрытия:

- а) - микрошлиф (4000х) среза гильзы цилиндра дизеля 16V280Z Китайского тепловоза DF-11 с пробегом 150 тыс. км после двойной обработки трибосоставами РВС: просматривается граница между подложкой и покрытием;
- б) – динамика химсостава покрытия по глубине по данным химического Центра Хельсинки (график НПО «Руспроремонт».): на поверхности - химэлементы детали, а выше состав меняется с преобладанием углерода;
- в) – шлиф гильзы цилиндров ДВС а/м «Волга» из ферритно-перлитного чугуна с некачественным трибопокрытием 25-50 мкм из-за загрязненного масла (обработка ДВС Пустовым И.Ф. при пробеге а/м 160 тыс. км, эксплуатация без масла в ДВС с пробегом 2 тыс. км, а при 180 тыс. км. разборка ДВС, приготовление и анализ шлифов в НПО «Прометей»).

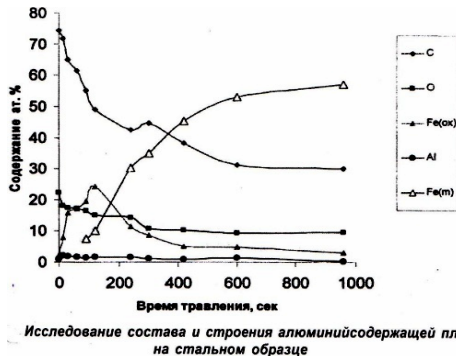


Рисунок 2 – Выявление травлением динамики элементного состава углеродсодержащего покрытия, образованного в трибопроцессе с алюминийсодержащей смазочной композицией по исследованиям проф.

Пичугина В.Ф. [3]: на верху поверхности трения преобладает углерод

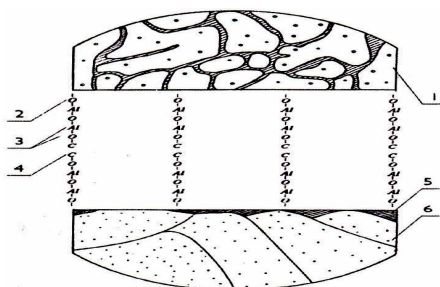


Рисунок 3 – Состав и строение покрытия на поверхностях пары антифрикционный сплав-сталь, работавшей в глицерине по В.Ф. Пичугину [4]:

- 1 – сплав алюминия, 2 – кислород, 3 – окислы алюминия, 4 – углерод,
- 5 – алюминиевый сплав, 6 – сталь;

**Примечание:** на верху обеих деталей - углеродная пленка

### Предпосылки к механизму образования ГМТ-покрытий

Кроме вышеприведенных свойств покрытий следует учитывать факторы их образования – должные давление и температура [1]: так толщина покрытия на деталях ДВС - до 15 мкм, на шейках кривошипа тяжелых прессов - до 100 мкм, на зубьях шестерен по данным ВМА им. Н.Г. Кузнецова и НПИФ «Энион-Балтика» - 200, 300, 600 и 1000 мкм; в стволах орудий при высоком давлении и температуре рост покрытий идет очень быстро, а при низких температурах воздуха ГМТ-обработка ДВС затруднена.

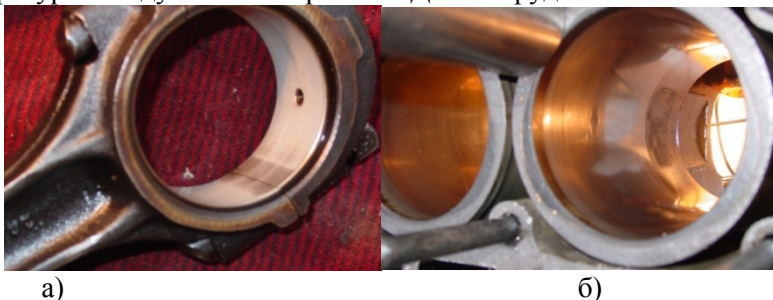
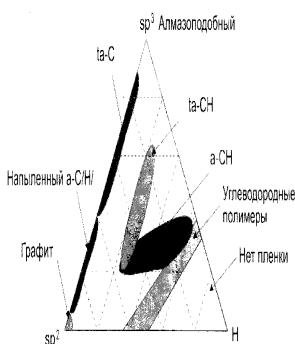


Рисунок 4 – Детали ДВС ЗМЗ-402 а/м ГАЗ-31029 «Волга» с пробегом 690 тыс. км., обработанного Рыжовым В.Г. при пробеге 110 тыс. км составом РВД:  
а – чугунные гильзы цилиндров, б – подшипник нижней головки шатуна

В то же время известна трибоплазма, обуславливающая полимеризацию компонентов трибосреды и формирование прозрачных

углеродных алмазоподобных пленок «DLC-films» гибридизацией атомов углерода (рисунок 5). Показатели таких пленок: высокая микротвердость, например, на цилиндрической поверхности (рисунок 5) гидрокомпенсатора по данным д.т.н. Острикова В.В.- 1840-1870 кгс/см<sup>2</sup>, что на 50 % выше, чем у азотированной стали, а на не трущемся торце 1220-1280 кгс/см<sup>2</sup>; низкий коэффициент трения, например, у пары сталь-сталь в синтетическом масле он снижается на 30 %. А трибосоставы Сокола С.А., которыми образовано покрытие на гидрокомпенсаторе (рисунок 5), при испытаниях на трибометре TRB-S-DE по схеме палец-диск в масле М-10Г<sub>2К</sub> с давлениями 60-80 МПа обеспечивали коэффициент трения 0,027 – 0,030.



а)

б)

Рисунок 5 – Представление об образовании алмазоподобных углеродных пленок (DLC-films): а - трехфазная диаграмма Робертсона и Феррари областей образования соединений с  $sp^2$  и  $sp^3$ -типовыми гибридизациями углерода в зависимости от концентрации водорода и углерода; б) гидрокомпенсатор ГРМ дизеля MAN с алмазоподобной пленкой (получено Соколом С.А.).

**Примечание:** В свете механизма образования DLC-films понятна по Павлову О.Г. наибольшая эффективность ГМТ на работавших маслах с добавлением углеродной сажи, что подтверждено Соколом С.А. на двух несколько различных ГМТ.

### **Зарубежные исследования углеродных алмазоподобных покрытий.**

Известны исследования лаборатории трибологии Пекинского университета Цинхуа [2] по заказу ТК «Неосфера» (Павлов О.Г., СПб). Здесь избирательной зонной дифракцией, атомной электрон-

ной спектроскопией и конфокальной Raman-спектроскопией проведены анализы GMT-покрытия на гильзе цилиндра дизеля 16V280Z тепловоза DF-11, проведены лабораторные испытания GMT. Показано [2], что тонкоизмельченные смеси серпентинов (состав АРТ, к.б.н. Павлов О.Г.) способствуют:

- механохимическим реакциям, образованию ювенильных поверхностей и эмиссии частиц высоких энергий,
- пиролизу компонентов масел,
- трибокатолизической карбонизации, графитизации и образованию твердых углеродсодержащих соединений из масел.

Выявлено [2], что GMT-покрытия содержат: углерод (60-65 %, а на самой поверхности до 100 %); железо (15-17 %) - продукт изнашивания; кислород и водород трибохимических реакций, а элементов из серпентина (Mg и Si) менее 1 %. Толщина покрытий от 5 до нескольких десятков мкм аморфно-кристаллической структуры [9]. Подтверждены низкие коэффициент трения и теплопроводность, высокая прочность, микротвердость и коррозионная стойкость.

Трибопокрытие на гильзе цилиндра выделяется на подслои и слой с несколько различным элементным составом. Твердость  $H_v$  1119 – в два раза выше, чем у подложки, а шероховатость 0,0694 мкм, как у ультрагладкой зеркальной поверхности. Микротвердость (H) и модуль упругости Юнга (E) покрытия составляют 12,72 ГПа и 210 ГПа [2], а отношение (H/E), как важный трибологический параметр - 0,0606.

В лабораторных условиях [2] покрытие создавали на трибометре за 240 ч из того же состава АРТ концентрацией 1,6 г/л в масле классов SD/CC, SAE 40. После слива масла проведено трибоиспытание с давлением 14,3 кг/см<sup>2</sup>, скоростью скольжения 0,1 м/с и покрытие обеспечило стабильно низкий коэффициент трения 0,005.

Покрытие, полученное на трибометре [2], аналогично исследованному выше, как анизотропная нанокристаллическая матрица из Fe<sub>3</sub>C с рассредоточенными наночастицами чистого железа, оксида (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) и перекиси железа (FeOOH). По изображению на SEM это компактная структура толщиной 2 мкм без четко различимой границы с подложкой. Микротвердость также больше в два раза, чем на стали 45. А минимальная нанотвердость и максимальная упругость 13,32 ГПа, 240 ГПа с отношением H/E, равным 0,0555, также

соответствуют высоким трибологическим свойствам покрытий [2]. Здесь обеспечены упругая деформация с эластичным микроконтактом, что исключает пластическую деформацию, адгезию аналогичных встречных поверхностей и их истирание. Этому способствуют слабые водородные связи наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и гидроксидов железа, рассеянных в матрице карбида железа  $\text{Fe}_3\text{C}$ , а также наноразмерность шероховатости зеркальной чистоты.

В то же время Раман-спектроскопия [2] шлифа гильзы цилиндра показала наличие равных по интенсивности D- и G-пииков эмиссии атомов углерода, т.е. аморфные нанозерна в покрытии вероятны из DLC-структур. Таким образом, в РФ [1, 3-5] и за рубежом [2] доказано, что серпентины  $\text{Mg}_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$  устойчиво генерируют трибопокрытия в любых условиях.

Приведенные материалы Пекинского университета подтверждены аналогичными исследованиями во Франции.

Однако возникает вопрос: как противоадгезионные покрытия, поверхности которых значительно удаляются от подложки, как бы противоестественно, продолжают наращивание? Возможно, что ответ на это есть у Ахматова А.С.

Им [6] обобщены механохимические воздействия на цепочечные молекулы углеводов с разрывом их цепей, с протеканием необычных химических реакций. Под действием больших локальных давлений нарушаются ковалентные связи с энергией 100 ккал/моль, разрываются связи C – C с энергией 80 ккал/моль и возникают свободные высоко реакционные радикалы, например,  $\text{R}\cdot$  –  $\text{CH}_2$ . А с их образованием дальнейший ход реакций может быть различен [6].

Есть и такой феномен, как возможность прямых химических реакций свободных радикалов с ювенильной поверхностью металлов [6] по схеме (1):



Ахматов А.С. указывал: «...механической деструкции могут подвергаться высокомолекулярные молекулы смазки... Именно этим частично объясняется смазочная способность неполярных углеводов» [6]. Подтверждением этому неоднократно выявлялась трибодеструкция смазок с выделением водорода и метана, а

также образование на активных частицах минералов и на точках поверхностей трения полимерных пленок.

А возможны ли (?) на поверхностях ГМТ-пленок реакции по схеме:



Для ответа на это приняты во внимание вышеприведенные свойства покрытий и их, по данным ГМТ-технологов, дальнейшее наращивание без ГМТ и даже на сухую. Из этого предположено, что в начале с измельчением частиц ГМТ происходит их физико-химические преобразования и активация, абразивная очистка поверхностей трения минералами и открытие ювенильных поверхностей кристаллов, на них, как выявлено в ИЦ «ЛИК» [5], образуется минеральная сталагмитовая структура (рисунок 6), а на ней, с возможным участием трибоплазмы (рисунок 5), идет трибополимеризация компонентов среды в ГМТ-покрытие. Расчетная толщина покрытия по Любимову Д.Н. 600 мкм, а по испытаниям НПИФ «Энион-Балтика», до 1000 мкм.

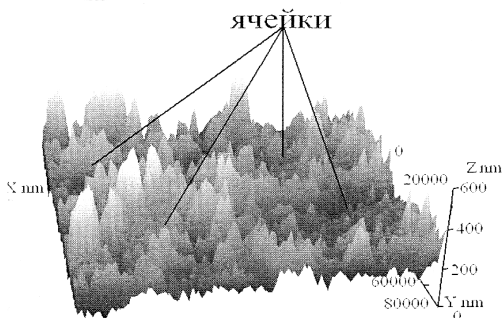


Рисунок 6 – Топография стальной поверхности после трения в смазочной композиции с ГМТ: минеральная сталагмитовая структура выросла на гранях кристаллов, а на ней образуется ГМТ-покрытие [5].

Полагаем, что наращивание углеродсодержащего ГМТ-покрытия даже в последующем отсутствии ГМТ идет хемосорбцией углеводов смазки, а в сопряжениях на сухую – по данным МИИТ - даже углекислого газа из окружающей среды благодаря трибоактивации поверхностей и неординарной химической активности атомов углерода [7] с их не скомпенсированными поверхностными связями, с возможностями их  $sp^2$  и  $sp^3$  гибридизации.

Это, по-видимому, подтверждается фактом ускорения роста покрытий при вводе в ГМТ кузнечной сажи, образованием тех же углеродных пленок наноалмазными составами КАРАТ-М, КАРАТ-5 и наноуглеродными волокнами «GRAF-SB» Красноярского ИХХТ СО РАН, где на поверхностях трибопар образуются цепочки Me-C-C [8].

В итоге можно представить такие этапы образования ГМТ-покрытия:

- абразивная и кавитационная очистка частицами ГМТ поверхностей от окисных пленок и непрочных структур с открытием ювенильных, каталитически активных кристаллов;
- многими РВС-технологиями;
- образование кристаллическими поверхностями трения и измельченными частицами серпентина минеральной наноразмерной структуры (рисунок 6),
- трибополимеризация на остриях структуры аморфного микропористого покрытия [5, 9]; по данным ИК-спектроскопии, по высокой работе когезии [5] покрытие постепенно и прочно пришивается к подложке, а его олеофильность подтверждена измерениями и длительной работой моторов без масла;
- дальнейшее не объясненное наращивание покрытия без ГМТ и даже после слива масла.

Для объяснения такого явления возможно опереться на химические свойства углерода. Считается [7], что число валентных электронов углерода и число их валентных орбит одинаково, это одна из причин устойчивых связей атомов углерода между собой и с другими химическими элементами. Образование между атомами углерода 4-х равнозначных связей способствует разнообразию углеродных структур: линейных, разветвленных, циклических, что облегчает вариацию трибохимических процессов. К тому же ковалентные связи углерода равносильны как при присоединении, так и при отдаче электронов с координационными числами 4, 3 и 2, со степенями окисления -4, +2, +4.

Таким образом, можно полагать, что дальнейшее наращивание углеродсодержащего покрытия, даже в последующем отсутствии ГМТ, идет благодаря трибоактивации углеродных поверхностей, неординарной химической активности атомов углерода с не ском-

пенсированными поверхностными связями, благодаря процессам  $sp^2$  и  $sp^3$  гибридизации, хемосорбции углеводородов смазки, а при работе сопряжений на сухую – углекислого газа из окружающей среды.

Изложенное подкрепляется некоторыми исследованиями трибологической лаборатории академика РАН Горячевой И.Г. (ИПМ РАН). Здесь акцентирован переход в интенсивном трении от физической к химической адсорбции. Отмечена трибополимеризация молекул смазки и других веществ, участие радикалов, частиц износа, адсорбция из трибосреды углерода, кислорода и серы, а в итоге - образование эффективной смазочной полимерной «подушки».

### **Заключение**

Можно предполагать, что ведущие механизмы образования ГМТ-покрытий в смазках - это механоактивация поверхностей трения и частиц минералов, открытие ювенильных поверхностей, адсорбция и хемосорбция на них активных радикалов с образованием минеральной наноразмерной структуры, трибополимеризация на ней компонентов трибосреды, а дальнейшее наращивание углеродной пленки идет благодаря неординарной химической активности возбуждаемых трением поверхностных атомов углерода с поглощением их свободными связями компонентов трибосреды.

Если ГМТ-процесс может идти без смазок, то возможно, что ему присущи другие механизмы и для их выяснения необходимы данные о структуре и фазовом составе таких покрытий. Общим в образовании ГМТ-покрытий в смазках, а вслед за этим и на сухую, является активация поверхностных атомов углерода. Поэтому для эффективной ГМТ-технологии необходимо обеспечить соответствующий минеральный и фракционный состав ГМТ, время для образования первичной минеральной структуры, а также условия для реализации неординарной химической активности атомов углерода

### **Список использованной литературы**

1. Дунаев А.В., Шарифуллин С.Н. Модернизация изношенной техники с применением трибопрепаратов. Казань: Издание Казанского университета.- 2013.-272 с.
2. Yuansheng J. and Shenghua L. Superlubricity of in situ generated protective layer on worn metal surfaces in presence of  $Mg_6Si_4O_{10}(OH)_8$  / Superlubricity. Edited by Ali Erdemir / Argonne National Laboratory.-

Argonne, USA; and Jean-Michel Martin / Ecole Centrale de Lyon.- Lyon, France. Elsevier B.V., 2007.- p. 445-469.

3. Додонова Д.А., Пичугин В.Ф., Лаптев Д.В. Влияние алюминийсодержащей смазочной композиции на процессы трения и изнашивания металлических пар. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011. - Т. 108. - с. 245-249.

4. Пичугин В.Ф., Щербинин В.М. Элементный состав, строение и толщина защитных пленок на поверхностях трения пары антифрикционный сплав-сталь в глицерине. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011. - Т. 108.- с. 250-253.

5. Любимов Д.Н., Долгополов К.Н. и др. Структура смазочных слоев, формируемых при трении в присутствии присадок минеральных модификаторов трения. Трение и износ, 2009. - № 5 (30).- с. 516-521.

6. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М.: Физматгиз, 1963.- 472 с.

7. Углерод. БСЭ, т. 26.- М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1972. - с. 448-450.

8. Селютин Г.Е. и др. Применение модифицированных нанодIAMAZOV для увеличения ресурса узлов трения. М.: Труды ГОСНИТИ, 2011.- Т. 107, ч. 2.- с. 25-29.

9. Васильков Д.В., Пустовой И.Ф., Пустовой Н.И. Анализ слоя, формируемого минеральным модификатором поверхности трения. М.: Труды ГОСНИИТИ, 2011.-Т.107,ч.2 - с. 11-13.

**Abstract.** The article analyzes the properties of coatings similar to diamond-like carbon films, but with thickness up to 600 and 1000 microns. The peculiarities of formation of coatings in oils. In the end, submitted that the formation of triborate include: the activation of particles of minerals, abrasive opening them juvenile, catalytically active metal surface; formation of the active metal surface a mineral structure; tribalization mineral structure of the components of the environment; capacity of the coating without the serpentine and oil adsorption of carbon dioxide unique active carbon atoms, which is excited by friction.

**Key words:** coating, composition, properties, juvenile surface, mineral particles, activation, polymerization, carbon, chemical activity

УДК 621.9.048 / 621.762.8

**Иванов В.И.**, зав. лабораторией, кандидат технических наук  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ НАНЕСЕНИЯ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛИ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ**

***Аннотация.** Работа направлена на расширение области эффективного использования электроискрового легирования (ЭИЛ) за счет разработки и освоения технологических приемов нанесения на детали порошковой металлургии металлических покрытий с функциональными свойствами. Приведены основные принципы нанесения ЭИ покрытий на пористые металлические поверхности, которые используются на практике.*

***Ключевые слова:** порошковая металлургия, пористый материал, электроискровое легирование, покрытие, технология.*

Данная работа направлена на расширение эффективного использования электроискрового легирования (ЭИЛ), метода, отличающегося высокими универсальностью, технологичностью и экономичностью, не требующего сложной и затратной подготовки поверхности для обработки, реализуемого в простых производственных условиях с использованием относительно несложного и недорогого оборудования, быстро осваиваемого персоналом.

Характерной особенностью всех освоенных сегодня объектов ЭИЛ (детали машин, режущие инструменты, технологическая оснастка) является *сплошность* материалов, из которых они изготовлены, т.е. без разрывов, пустот, пор, трещин, включений и т.д. Это - конструкционные, легированные и инструментальные стали, многие марки чугунов, цветные металлы и сплавы, сплавы специального назначения. Все эти материалы получают методом литья или в прокатном производстве. Изготовление различных изделий из этих материалов сопряжено со значительными отходами, например, в

виде стружки при механической обработке; количество отходов порою достигает 70 – 80 % от исходной массы заготовок.

Наряду с металлургией, прокатным производством, производящими такие металлы и сплавы, с середины прошлого века особо интенсивно развивается порошковая металлургия, объектами производства которой являются детали различных конструкций и назначения, полученные методом прессования и спекания. При этом количество отходов минимально – до 3 – 5 % от массы детали или они отсутствуют. Отличительной чертой деталей, полученных порошковой металлургией, является их *пористость*, составляющая от 2 – 3 до 40 % от объема материала детали. Наличие пористости вносит существенное изменение на формирование упрочняющего или восстанавливающего покрытия при ЭИЛ. Это изменение выражено в разрушении пористого поверхностного слоя под воздействием искровых разрядов, препятствующего формированию упрочняющего или восстанавливающего покрытия.

В технической литературе имеются отдельные сведения о применении ЭИЛ для увеличения ресурса таких материалов [1, 2], однако их пористость не превышает 4 – 5 % и технология ЭИЛ не имеет принципиальных отличий от обработки сплошных материалов. При ЭИЛ материалов с большей пористостью традиционные технологические приемы не обеспечивают возможности и не пригодны для формирования электроискровых (ЭИ) покрытий на них. Однако большая номенклатура деталей, изготовленных методом порошковой металлургии или изготовленных из сплошных материалов, но имеющих в результате эксплуатации дефекты поверхностного слоя (поры) при сохранении остальных необходимых свойств, выполняют ответственные функции и определяют ресурс изделий, в которых они работают. Улучшение или восстановление их эксплуатационных свойств приобретает важное значение. Ввиду отсутствия опыта ЭИЛ пористых металлических материалов и дефектных металлических поверхностей, имеющих повышенную – более 5 % - пористость, исследования процесса формирования ЭИ функциональных покрытий и разработка на основе этих исследований прикладных технологий применительно к таким объектам является *актуальной задачей*. Решение ее позволит значительно расширить область применения экономичного и эффективного метода

ЭИЛ как для увеличения ресурса новых деталей, так и восстановления работоспособности изношенных деталей с дефектным поверхностным слоем.

Рассмотрим проблемы, которые связаны с формированием ЭИ покрытий на пористых (дефектных) материалах.

При прохождении импульса электрической энергии между электродом и деталью под воздействием высокой температуры, развивающейся в канале разряда, происходит расплавление и испарение материала с обоих электродов. В зависимости от материалов электрода и детали, формы и полярности импульсов эрозия одного из них преобладает. Метод ЭИЛ реализуется при полярности «анод - электрод, катод – деталь» и преобладающей эрозии анода с переносом элементов его материала на катод.

Экспериментально установленным фактом является то, что по электроэрозионной устойчивости все металлы располагаются в определенный ряд, начинающийся (в порядке возрастания) оловом и цинком и заканчивающийся тугоплавкими металлами и графитом. Поэтому модель процесса переноса материала с анода на катод будет различна для металлов, находящихся в начале и в конце этого ряда. К примеру, когда на сталь наносятся материалы со сравнительно небольшой электроэрозионной устойчивостью (олово, цинк, серебро, медь и др.), то основное количество металла, выбрасываемого единичным электрическим импульсом из анода и осаждающегося на катоде, столь велико, что количеством металла, выбрасываемого этим же импульсом из материала катода, можно пренебречь. Это касается поверхности сплошных материалов с низкой шероховатостью.

Однако эрозионная составляющая изменения массы катода при ЭИЛ, которая связана с физическими свойствами материала катода, электрическими параметрами обработки и ее удельной длительностью, в значительной степени зависит также от контактной площади обрабатываемой поверхности: повышение шероховатости поверхности катода и снижение при этом контактной площади является причиной увеличения эрозии его поверхности (до 120 % и более по отношению к приросту массы катода). Указанный эффект можно в полной мере отнести к несплошным материалам. При обработке методом ЭИЛ таких

материалов с использованием традиционных технологических приемов искровые разряды обычно разрушают их поверхность и поверхностный слой.

С учетом отмеченного, рассмотрим методологические основы нанесения ЭИ покрытий на несплошные металлические поверхности.

При ЭИЛ сплошных токопроводящих материалов (рисунок 1а) интенсивность формирования покрытий связана преимущественно с энергетическими параметрами искровых импульсов, химическим составом катода и анода, наличием условий для создания неограниченных твердых растворов в поверхностном слое катода и эффективного протекания диффузионных процессов в нем.

В значительной степени оказывает влияние на этот процесс также контакт электрода-анода и детали-катода, характеризуемый количеством пятен контактов.

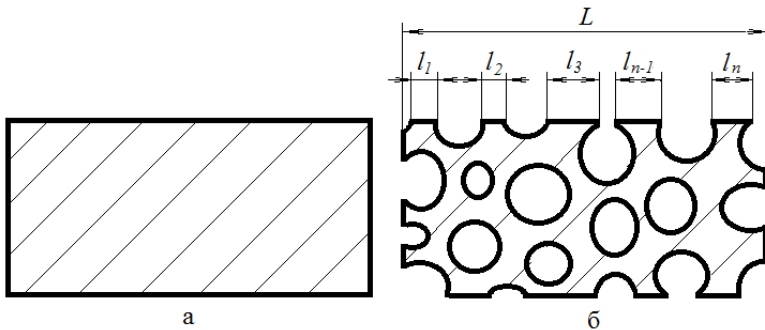


Рисунок 1 – Сплошной (а) и пористый (б) материалы

Значение числа пятен фактического контакта  $n_r$ , их среднюю площадь  $\Delta A_r$  и среднее расстояние между ними  $S_r$  можно определить по формулам 3, 4:

$$n_r = \frac{3,1A_c}{21r_{np}R_a} \left( \frac{P_c}{P_r} \right)^{0,66}, \quad (1)$$

где  $A_c$  - контурная площадь контакта,  $r_{np}$  - приведенный радиус

вершин неровностей,  $r_{np} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2}$ , где  $r_1$  и  $r_2$  - средние радиусы

вершин микронеровностей двух контактируемых шероховатых поверхностей,  $R_a$  – среднеарифметическое отклонение профиля.

$$\Delta A_r = 6,93 r_{np} R_a \left( \frac{P_c}{P_r} \right)^{0,33}, \quad (2)$$

$$S_r = 0,57 (21 r_{np} R_a)^{0,5} \left( \frac{P_r}{P_c} \right)^{0,33}. \quad (3)$$

В процессе деформации и оплавления наиболее высоких неровностей электродов происходит дальнейшее сближение двух поверхностей под действием движущегося к поверхности детали электрода и растягивание тока, плотность которого уменьшается, так как увеличивается фактическая площадь контакта. Если плотность тока выше критического значения, то начинают расплавляться мостики связи и на меньших неровностях.

Наличие пор на контактной поверхности катода значительно изменяет, ужесточает энергетические условия на контакте.

Исходя из этого, для назначения технологии ЭИЛ пористых материалов необходимо учитывать следующую функциональную зависимость:

$$(E, t_{имп}, c), (N_a, T_{пл а}, \lambda_a) = f [(N_k, T_{пл к}, \lambda_k), C], \quad (4)$$

где  $E, t_{имп}, c$  – соответственно, энергия, длительность и скважность искровых импульсов;  $N_a, T_{пл а}, \lambda_a$  – соответственно, химический состав, температура плавления и теплопроводность анода;  $N_k, T_{пл к}, \lambda_k$  – соответственно, химический состав, температура плавления и теплопроводность катода;  $C$  – сплошность пористого материала,

$$C = \Sigma (l_1 + l_2 + \dots + l_n) / L, \quad (5)$$

где  $l_1, l_2, \dots, l_n$  – длина участков контактной поверхности;  $L$  – общая длина участка обработки.

Базовым технологическим приемом при нанесении ЭИ покрытий на несплошные материалы используется техническое решение по нанесению толстослойных покрытий повышенной сплошности (ТСП), описанное в [5, 6].

На основании вышесказанного, сформулируем основные принципы нанесения ЭИ покрытий на пористые металлические поверхности:

1. Эффективность процесса нанесения ЭИ покрытий преобладающим образом зависит от теплофизических свойств несплошно-

го материала и его пористости, при этом материалы катода с пониженными температурой плавления и эрозионной стойкостью, а также увеличенной пористостью или дефектностью обладают ухудшенной способностью для формирования на них ЭИ покрытий.

2. Незначительная равномерная пористость (до 2-3 %) материала катода не оказывает заметного влияния на процесс формирования ЭИ покрытия, и ЭИЛ таких материалов выполняется традиционным способом с использованием приемов обработки сплошных металлических материалов.

3. С увеличением пористости (дефектности) материалов или поверхностных слоев необходимо соблюдать при ЭИЛ следующие условия:

а) ЭИЛ вести в несколько этапов:

- подготовку поверхности с увеличением ее эрозионной стойкости за счет повышения контактной сплошности,

- формирование покрытия требуемой толщины с использованием приемов нанесения ТСП,

- придание поверхностному слою требуемых эксплуатационных свойств, т.е. обеспечение соответствия функциональному назначению;

б) для исключения или уменьшения разрушения пористого или дефектного поверхностного слоя обрабатываемого изделия от воздействия искровыми разрядами на первом этапе ЭИЛ вести на пониженных электрических режимах, с меньшей энергией импульсов, чем при обработке сплошных материалов. Следующей операцией может быть ЭИЛ на обычных электрических режимах;

в) материал электрода на этапе подготовки поверхности должен обладать пониженными температурой плавления и эрозионной стойкостью в сравнении с обрабатываемым несплошным материалом. В этом случае абсолютное количество металла, выбрасываемого единичным электрическим импульсом из анода и осаждающегося на катоде, столь велико, что количеством металла, выбрасываемого этим же импульсом из поверхности катода, можно пренебречь. Это условие является необходимым для последующего ЭИЛ и нанесения покрытия требуемой толщины.

На следующих этапах обработки целесообразно применение электродов с необходимыми свойствами и формирующих основной слой покрытия с достаточными механическими параметрами.

4. Придание поверхностному слою требуемых эксплуатационных свойств на завершающем этапе обработки осуществлять подбором электродных материалов, электрических и механических параметров ЭИЛ и удельной длительности обработки аналогично обработке сплошных материалов.

В заключение отметим, что приведенная методология обработки методом ЭИЛ несплошных металлических материалов, полученных порошковой металлургией, а также пористых поверхностных слоев, образовавшихся на деталях в процессе эксплуатации, проверена на практике и используется при нанесении упрочняющих и восстанавливающих покрытий.

#### Список использованной литературы

1. Коневцов Л.А. / Повышение работоспособности режущего инструмента из вольфрамсодержащих твердых сплавов электроискровым легированием металлами и боридами. // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Комсомольск-на-Амуре, 2009. - 23 с.

2. Слуковская К.Н. / Исследование и разработка технологий упрочнения горячештампованных порошковых сталей хромом, молибденом, никелем и ванадием методами диффузионного насыщения и электроискрового легирования с целью повышения эксплуатационных свойств. // Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. - Москва, 2012. - 17 с.

3. Бурумкулов Ф.Х., Лезин П.П., Сенин П.В., Иванов В.И., Величко С.А., Ионов П.А. / Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика). - Под. ред. Ф.Х. Бурумкулова. – Саранск: Тип. «Красный Октябрь», 2003. – 504 с.

4. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. В 2-х кн. / Под ред. И.В. Крагельского, В.В.Алишина. - М.: Машиностроение, 1978. - Кн. 1. 1978. - 400 с.

5. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х., Денисов В.А. / Электроискровой способ нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности // Евразийский патент № 017066 от 28.09.2012, опубл. Бюллетень ЕАПВ «Изобретения (евразийские заявки и патенты)» № 9 за 2012, 28.09.2012.

6. Иванов В.И., Бурумкулов Ф.Х. / Об электроискровом способе нанесения толстослойных покрытий повышенной сплошности. // Электронная обработка материалов. 2014. Т. 50. С. 7-10.

УДК 621.9.048

**Иванов В.И.**, зав. лабораторией, кандидат технических наук;

**Костюков А.Ю.**, ведущий научный сотрудник,

кандидат технических наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

*«Федеральный научный агроинженерный центр ВИИ»,*

*г. Москва, Российская Федерация*

**Коневцов Л.А.**, научный сотрудник,

кандидат технических наук

*ИМ ХНЦ ДВО РАН, г. Хабаровск, Российская Федерация*

**Игнатков Д.А.**, доктор технических наук, профессор

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ СТРУКТУРОЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ**

***Аннотация.** В работе приведены результаты анализа литературных данных и выполненных экспериментальных исследований по формированию ультрамелкозернистых и нанокристаллических поверхностных слоев металлических материалов путем применения метода электроискрового легирования (ЭИЛ). Проведен анализ технологических параметров метода ЭИЛ, способствующих получению таких слоев, сформулированы основные принципы формирования ультрамелкозернистых и нанокристаллических структур этим методом.*

***Ключевые слова:** электроискровое легирование, металлическая поверхность, технологические параметры, зерно, нанокристаллическая структура, ультрамелкозернистая структура.*

Повышение прочности материалов достигается как совершенствованием их объемных физико-механических свойств, так и модифицирующей обработкой путём нанесения на поверхность защитных и упрочняющих покрытий с использованием концентрированных источников энергии.

Одним из направлений модифицирующей обработки является создание на металлической поверхности ультрамелкозернистых структур (величина зерна до 1000 нм), а также консолидированных наноматериалов (величина зерна до 100 нм) нанесением разнообразными методами плёнок и покрытий из металлов, сплавов и металлоподобных соединений или интенсивной пластической деформацией, или контролируемой кристаллизацией из аморфного состояния. Это направление обосновано тем, что механические свойства компактных материалов в значительной степени связаны с величиной зерен и состоянием межзеренных границ, составляющих структуру этих материалов. Указанная взаимосвязь особенно ярко выражена у нанокристаллических материалов [1, 2].

Размер зерен существенно влияет на микротвердость материалов, которая связана с пределом текучести  $\sigma_T$ . Это влияние размера зерен хорошо изучено на металлических и керамических материалах с размером зерен  $D$  более 1 мкм. Согласно закону Холла-Петча [3, 4],

$$\sigma_T = \sigma_o + k_y D^{-1/2}, \quad (1)$$

где  $\sigma_o$  – внутреннее напряжение, препятствующее движению дислокаций;  $k_y$  – постоянная.

При температуре  $T/T_{пл}$  0,4 – 0,5 ( $T_{пл}$  – температура плавления) твердость  $H_V$  (микротвердость по Виккерсу) связана с пределом текучести  $\sigma_T$  эмпирическим соотношением  $H_V / \sigma_T \approx 3$  [5]. Отсюда следует размерная зависимость твердости:

$$H_V \approx H_0 + k D^{-1/2}, \quad (2)$$

где  $H_0$  и  $k$  – постоянные.

В качестве примера автор [6] отмечает, что при 300 °К микротвердость нанокристаллических материалов в 2-7 раз выше, чем  $H_V$  крупнозернистого материала.

В настоящее время в технически развитых странах уделяется значительное внимание созданию нанокристаллических (НК) и ультрамелкокристаллических (ультрамелкозернистых – УМЗ) материалов [7]. Это касается как объемных материалов, так и поверхностных слоев обычных материалов и связано с возможностью получения металлических изделий, обладающих уникальными физико-механическими и эксплуатационными свойствами [8 – 13].

Существуют различные методы формирования НК и УМЗ структур металлических материалов. Как в России, так и за рубежом с этой целью применяют интенсивное пластическое деформирование, температурно-силовое воздействие, а также используют концентрированную электрическую энергию, в частности, ионную имплантацию [14].

Перспективным представляется использование для получения таких структур технологичного и универсального метода электроискрового легирования (ЭИЛ). Известны работы по использованию НК и УМЗ электроискровых (ЭИ) покрытий для решения практических задач, например, для восстановления изношенных рабочих поверхностей деталей и повышения их износостойкости [15, 16], улучшения прочностных характеристик ЭИ покрытий пластической деформацией для работы в условиях трения скольжения [17]; создаются наноструктурированные композиционные СВС-материалы для ЭИЛ [18, 19]. При этом опубликованные в российских и зарубежных изданиях работы, связанные с исследованиями измененных поверхностных слоев, не раскрывают основных принципов формирования НК и УМЗ структур применением ЭИЛ и не являются основой для решения задач существенного улучшения прочностных свойств ЭИ покрытий посредством управления размерными параметрами элементов структуры формируемых покрытий.

В данной работе выполнен анализ основных параметров, присущих методу ЭИЛ, управление которыми может обеспечить формирование НК и УМЗ поверхностных слоев металлических материалов. Управляемые технологические параметры ЭИЛ сведены в таблицу вместе с характеристиками, производными от этих параметров, и их значениями. При этом все управляемые параметры составляют группы: электрические, механические, физико-химические и временные.

Таблица – Управляемые технологические параметры ЭИЛ и их производные параметры

Технологические параметры ЭИЛ		
Управляемые параметры	Производные	
	параметры	значения
<b>А - Э л е к т р и ч е с к и е</b>		
напряжение холостого хода		
емкость конденсаторов	энергия импульсов [Дж]	0,01...30
	длительность импульсов [мкс]	10...2000
частота импульсов	удельное число импульсов [с <sup>-1</sup> ]	5...10000
<b>Б - М е х а н и ч е с к и е (кинематические и размерные)</b>		
<i>а) электрод-инструмент с вибрирующим стержневым (дисковым) электродом</i>		
частота вибрации электрода	удельное число контактов [с <sup>-1</sup> ]	50-1000
амплитуда вибрации	длина хода электрода [мм]	0,01...0,8
	скорость движения электрода [м/с]	до 0,1
	сила удара электрода [Н]	2...10
сила прижатия электрода	давление электрода на деталь [Н]	20...50
<i>б) электрод-инструмент с вращающимся стержневым электродом</i>		
скорость вращения электрода	частота вращения [мин <sup>-1</sup> ]	до 3000
сила прижатия электрода	давление электрода на деталь [Н]	20...50
<i>в) электрод-инструмент с вибрирующим и вращающимся стержневым электродом</i>		
частота вибрации электрода	удельное число контактов [с <sup>-1</sup> ]	50-1000
амплитуда вибрации	длина хода электрода [мм]	0,01...0,8
	скорость движения электрода [м/с]	до 0,1
	сила удара электрода [Н]	1...6
сила прижатия электрода	давление электрода на деталь [Н]	20...50
скорость вращения электрода	частота вращения [мин <sup>-1</sup> ]	до 3000

Окончание таблицы

г) многоэлектродный вращающийся электрод-инструмент со стержневыми электродами		
частота вращения инструмента	линейная скорость электрода [м/с]	0,5...2,5
	удельное число контактов [с <sup>-1</sup> ]	10...50
	время контакта с деталью [мкс]	5...50
	сила удара электрода [Н]	6...30
длина перекрытия детали	длина пути контакта [мм]	10...50
	давление электрода на деталь [Н]	20...50
д) размерные		
размеры поперечного сечения электрода	температура электрода в рабочей зоне, $f(T_{пл})$	$T \square T_{пл}$
В - Ф и з и к о - х и м и ч е с к и е		
материал анода	физико-химические свойства материалов в исходном состоянии и в соединениях	
материал катода		
состав межэлектродной среды	функции охлаждения, антикоррозионной защиты или структурообразования	
Г - В р е м е н н ы е		
продолжительность обработки	удельное время обработки [с/см <sup>2</sup> ]	5...600

Электрические параметры связаны с управлением работой генератора технологических импульсов установки ЭИЛ и обеспечивают получение искровых импульсов определенной энергии, длительности и частоты. Механические параметры зависят от кинематики движения электрода-анода, и определяют скоростные и силовые условия на контакте «электрод – деталь», а также размерные характеристики электрода. Физико-химические параметры позволяют управлять микрометаллургическим процессом формирования измененных поверхностных слоев на детали за счет взаимодействия элементов материалов электрода, детали и состава межэлектродной среды. Временной параметр определяет длительность процесса обработки.

Согласно существующим представлениям, можно достичь уменьшения зернистости кристаллического металлического материала либо интенсивной пластической деформацией, либо тепловым воздействием с большим градиентом температур. Этому способствует также введение в основной материал элементов малой зернистости.

Анализ технологических параметров ЭИЛ, приведенных в таблице, позволяет сделать вывод о возможности влияния на зернистость кристаллического металлического материала управлением электрическими и физико-химическими параметрами процесса об-

работки. Электрические параметры определяют энергетические показатели на контакте «электрод – деталь» в зоне действия искрового разряда: локальная температура от 3500 до 10000 °С, а по некоторым источникам - до 20000 °С; длительность искрового разряда 10-2000 мкс; скорость охлаждения – до 1000 град/с; согласно [20] давление ударной волны от электрической искры составляет  $(2...7) \cdot 10^3$  ГПа. Механические параметры ЭИЛ в значительно меньшей степени влияют на зернистость материала сформированного слоя.

В качестве параметров, характеризующих НК и УМЗ покрытий, формируемые методом ЭИЛ, являются размеры блоков (зерен) структуры  $a$  и масса элементов покрытия  $m_{имп}$ , создаваемых каждым электроискровым импульсом. В первом приближении зависимость  $a$  и  $m_{имп}$  от факторов, определяющих их значение, представим в следующем виде:

$$a; m_{имп} = f(e_{имп}, \tau_{имп}, T_{пл\ эл}, g_{эл}), \quad (3)$$

где  $e_{имп}$  - энергия единичных импульсов;

$\tau_{имп}$  - длительность единичных импульсов;

$T_{пл\ эл}$  – температура плавления материала электрода;

$g_{эл}$  – плотность материала электрода.

Выполненные экспериментальные исследования по нанесению НК и УМЗ покрытий на сталь 45 и серый чугун СЧ18 показали эффективность влияния режимов обработки на зернистость поверхностного слоя образцов (рисунок).

Изменением электрических параметров ЭИЛ получена возможность управления размерами блоков кристаллической структуры поверхностного слоя покрытий твердым сплавом ВК8 на стали 45 от 700 до 40 нм, при этом доля нанокристаллических блоков (100 нм) в общем объеме составляла от 5 до 50 %.

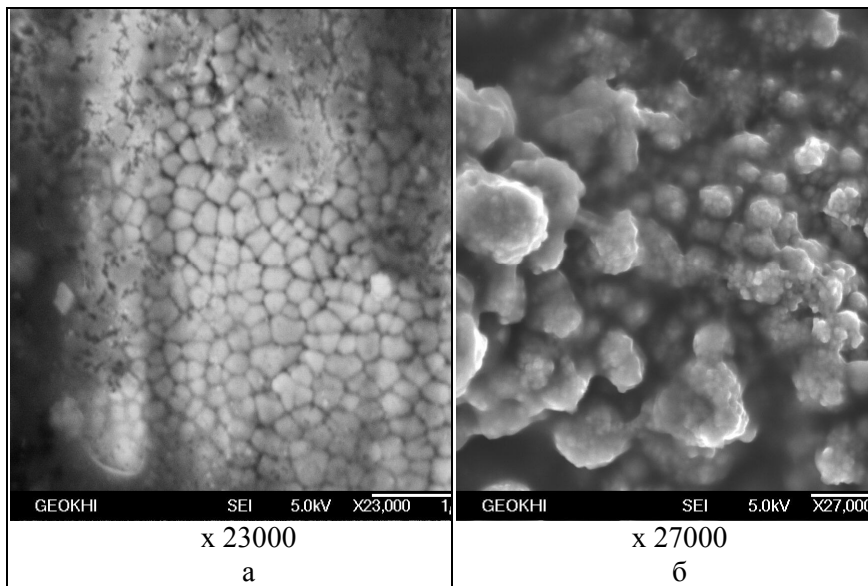
Установлено влияние на изменение размеров блоков технологических параметров ЭИЛ в исследованном диапазоне частоты импульсов 160 – 1500 Гц:

- ужесточение электрического режима (увеличение энергии импульсов от 0,045 до 0,29 Дж) ведет к повышению их размеров и снижению доли наноразмерных блоков;

- увеличение удельной длительности обработки от  $\tau$  до  $5\tau$  способствует уменьшению зернистости и увеличению их количества;

- использование твердого сплава СТИМ с нанозернистыми добавками также отразилось на уменьшении зернистости поверхностного слоя и увеличении количества наноразмерных блоков;

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



а - режим 2 (1-0,2) –  $E=0,045$  Дж, частота импульсов  $f_{имп}=600$  Гц, условная удельная длительность обработки  $2\tau$ ; б - соответственно: 7 (2-0,4) –  $E=0,09$  Дж;  $f_{имп}=600$  Гц;  $2\tau$ .

Рисунок – Фотографии блочной структуры поверхности ЭИ покрытий ВК8 (а) и СТИМ-ЗБОА<sub>ц</sub> (б) на стали 45 (установка «БИГ-4»)

Результаты анализа литературных данных и выполненных экспериментальных исследований позволили сделать следующие выводы:

1. Метод ЭИЛ позволяет управлять блочностью кристаллической структуры металлических материалов с получением НК и УМЗ покрытий.

2. Основные принципы ЭИЛ, способствующие формированию НК и УМЗ покрытий: применение электрических режимов с низкими энергией и длительностью импульсов; увеличение удельной длительности обработки; использование материалов катода с низкой теплопроводностью, а анода - низкой теплоемкостью; перенос элементов анода на катод в твердом состоянии.

Список использованной литературы

1. Roco M. C. / Towards a US national nanotechnology initiative // J. Nanoparticle Research. - 1999. - V.1. - № 4. - P. 435-438.
2. Compano R., Holman A. /Forecasting the development of nanotechnology with the help of science and technology indicators// Nanotechnology. - 2002. - V. 13. - № 3. - P. 243-247.
3. Drexler K. E. /Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation. – New York: Wiley, 1992. – 518 p.
4. Ten Wolde A. /Nanotechnology: Towards a Molecular Construction Kit. – Boston: New World Ventures, 1998. – 357 p.
5. Nanostructured Materials. / Ed. J. Yi-Ru Ying. – New York: Academic Press, 2001. – 350 p.
6. Гусев А.И. / Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – 2-е изд., испр. // М.: Физматлит, 2009. – 416 с.
7. Черноиванов В. И. / Индустрия наносистем и материалов: Перспективы использования в сельском хозяйстве. // Научно-аналитический обзор. – Москва – Челябинск. – 2007 г. - 240 с.
8. Гусев А. И. / Нанокристаллические материалы: методы получения и свойства// Екатеринбург: УрО РАН. - 1998. – 200 с.
9. Патент RU № 2181776. Способ обработки стали. / Р.Г. Зарипова, О. А. Кайбышев, Г. А. Салищев, К. Г. Фархутдинов // Опубликовано 27.04.2002 Бюл. № 12.
10. Валиев Р. З., Александров И. В. / Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией // М.: Логос. - 2000. - 272 с.
11. Валиев Р.З. / Создание наноструктурных металлов и сплавов с уникальными свойствами, используя интенсивные пластические деформации // Российские нанотехнологии. 2006. - Т.1. - № 1-2. - С. 208-216.
12. Равноканальное угловое прессование металлических материалов: достижения и направления развития. /Тематическая подборка статей. - Под ред. В. М. Сегала, С. В. Добаткина и Р.З. Валиева. // Металлы. - 2004. - № 1, № 2.
13. Копцева Н. В. /Закономерности формирования ультрамелкозернистой структуры, обеспечивающей улучшение свойств углеродистых конструкционных сталей. // Автореф. на соиск. учен. степ. д.т.н. – Магнитогорск. - 2012.
14. Кашин О. А. Деформационное поведение в области микропластической деформации титана и сплава Ti-Al-V с

ультрамелкозернистой структурой при различных видах термосилового воздействия. // Автореф. на соиск. учен. степ. д.т.н. – Томск. - 2007.

15. Бурумкулов, Ф. Х. Электроискровые нанокompозитные покрытия и их износостойкость. / Ф. Х. Бурумкулов, С. А. Величко, В. И. Иванов, П. А. Ионов, М. А. Окин, А. В. Столяров // Техника в сельском хозяйстве. - 2009. - №1. - С. 11-13.

16. Burumkulov, F. Kh. The properties of nanocomposite coatings formed on a steel 20H surface by means of electrospark processing using rod-shaped electrodes of steels 65 G and Sv 08. / F. Kh. Burumkulov, P. V. Senin, S. A. Velichko, V. I. Ivanov, P. A. Ionov, and M. A. Okin // Surface Engineering and Applied Electrochemistry. - Volume 45, Number 6 / 2009. – S. 455-460.

17. Михайлюк А.И., Житару Р.П. Особенности механизма пластической деформации электроискровых покрытий и пути повышения их прочностных характеристик при трении. / Электронная обработка материалов. – 2008. – Т. 44. - № 5. – С. 49-56.

18. Levashov E.A., Kudryashov A.E., Zamulaeva E.I., Kurbatkina V.V., Andreev V A., Zaitsev A. A., Sidorenko D. A. Nanostructured Materials for Electrospark Deposition and Disperse-Strengthening by Nanoparticles Diamond Tools / Journal of Physics: Conference Series 416 (2013) 012004 doi:10.1088/1742-6596/416/1/012004.

19. Погожев Ю.С., Левашов Е.А., Кудряшов А.Е., Замулаева Е.И., Новиков А.В., Потанин А.Ю. Композиционные СВС-материалы на основе карбида и никелида титана, легированные тугоплавким нанокompонентом. / Известия ВУЗов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. 2012, № 2, с. 24-32.

20. Chen, Z.; Zhou, Y.: Surface modification of resistance welding electrode by electro-spark deposited composite coatings: Part I. Coating characterization. Surface & Coatings Technology. 2006. - P. 1503-1510.

**Abstract.** The paper presents the results of the analysis of literature data and experimental studies on the formation of ultrafine-grained and nanocrystalline surface layers of metallic materials by applying the method of electrospark alloying (EIL). The analysis of technological parameters of the EIL method facilitating the production of such layers is carried out, the main principles of the formation of ultrafine-grained and nanocrystalline structures by this method are formulated.

**Keywords:** electrospark alloying, metal surface, technological parameters, grain, nanocrystalline structure, ultrafine-grained structure.

УДК 621.791.92 : 621.81

**Миранович А.В.**, к.т.н., доцент;  
**Акулович Л.М.**, д.т.н., профессор;  
**Ворошухо О.Н.**, инженер

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ УПРОЧНЕНИЕМ**

**Аннотация.** В статье исследуется обрабатываемость поверхностей деталей машин с покрытиями, полученными магнитно-электрическим упрочнением.

**Ключевые слова:** износостойкие покрытия, магнитно-электрическое упрочнение, механическая обработка, композиционные ферромагнитные порошки, производительность, шероховатость.

**Annotation.** In the article the the machinability of surfaces of machine parts with coatings obtained by magnetic-electric hardening.

**Keywords:** wear-resistant coatings, magnetic-electric hardening, mechanical treatment, composite ferromagnetic powders, productivity, roughness.

### **Введение**

Физико-механические и эксплуатационные свойства рабочих поверхностей деталей машин, в том числе восстановленных или упрочненных, в значительной степени определяют их надежность и долговечность. В связи с этим все большее значение придается обеспечению их высокого качества в процессе чистовой обработки.

Известно, что затраты на обработку изделий составляют 40 – 50 % общих затрат на их восстановление и, в отдельных случаях, даже могут превышать затраты на их наплавку или упрочнение (особенно при применении легированных наплавочных материалов) [1]. При этом специфика механической обработки покрытий, полученных магнитно-электрическим упрочнением (МЭУ) композиционными ферромагнитными порошками (КФП), связана с их

структурой [2]. Поэтому при выборе метода и режимов обработки покрытий ставилась задача по оценке возможного их влияния на свойства материала покрытия и основы, а также на точность.

В соответствии с этим определение обрабатываемости поверхностей с покрытиями, полученными МЭУ, механической обработкой – шлифованием (черновым и чистовым) абразивными кругами проводили в три этапа. В качестве критериев обрабатываемости использовали съем материала (производительность)  $Q$  (г/мин) для черновой и параметр шероховатости  $Ra$  при чистовой обработке.

### **Основная часть**

На первом этапе решалась задача выбора шлифовального круга (инструмента) при обработке покрытий из порошка Fe-2%V на круглошлифовальном станке модели ЗБ12 после МЭУ и МЭУ с последующим поверхностно-пластическим деформированием (ППД) [3]. Для этого применяли круги из различных видов электрокорунда зернистостью 16 – 40, карбида кремния зеленого зернистостью 40 на керамической связке и алмазные круги. Результаты исследований анализировали с целью проверки гипотез о равенстве дисперсий (полей рассеяния) и средних значений (математических ожиданий). Для этого эксперименты по определению производительности повторяли до 5 раз, а параметров шероховатости до 10 – 15 раз.

Проверка влияния марки материала круга на параметры обрабатываемости на основании гипотез о равенстве дисперсий и средних значений показала, что она не оказывает влияния на величину генерального среднего  $\bar{Y}$ . Поэтому при обработке образцов с МЭУ и МЭУ с ППД можно использовать любой из предложенных кругов.

В качестве примера рассмотрим обработку образцов при следующем режиме: окружная скорость круга  $V_k = 30$  м/с; окружная скорость образца  $V = 36,3$  м/мин; продольная подача  $S_{пр} = 2,25$  м/мин; поперечная подача  $S_{п} = 0,01$  мм/дв.ход; число двойных ходов выхаживания  $n = 5$ ; СОЖ – 5-процентный раствор эмульсола Э2 в воде.

Установлено, что съем кругами из электрокорунда белого и легированного одинаково эффективен независимо от зернистости и

твердости и обусловлен, очевидно, в первую очередь, влиянием связки, поскольку использование вулканитовой связки снижает съем примерно вдвое. Наихудшие результаты по съему имеет круг из карбида кремния зеленого. Это явление отличается от известных представлений о работоспособности таких кругов, однако может быть объяснено, если учесть, что в диапазоне температур 750°–850°С твердость зерен электрокорунда несколько выше твердости зерен карбида кремния. С учетом одновременной оценки величин  $Q$  и  $R_a$  можно в случае применения однократного шлифования рекомендовать круг 25A25ПСМ27К6, который обеспечил высокие результаты по шероховатости ( $R_a = 0,65 - 0,75$  мкм), что соответствует чистовому шлифованию.

Наилучшие результаты по величине съема были получены при использовании круга 91A16ПСМ29К5 для деталей с покрытиями, полученными МЭУ, но, поскольку  $R_a = 1,2 - 1,5$  мкм, его нельзя рекомендовать для однократного шлифования. Следует отметить, что круги таких марок значительно засаливаются и требуют частых правок.

При использовании круга 13A20НС27В5 выявлены низкие результаты по величине съема и шероховатости поверхности; на обработанной поверхности детали наблюдались прижоги.

Алмазный круг АС125/100С2100Б1 выявил высокие результаты по исследуемым параметрам как при обработке покрытий с ППД, так и без него, но большая часть поверхности обработанных образцов содержала прижоги. Последнее обстоятельство легко объяснить взаимодействием алмазов с железом обрабатываемого покрытия, что вызывает интенсивное затупление зерен и возрастание температуры шлифования.

При применении двукратного шлифования (чернового и чистового) можно для предварительного шлифования рекомендовать круги 24A25НСМ17К5, 15A40НС27К6, 25A40ПС25К6, которые показали хорошие результаты по производительности процесса шлифования и по параметрам шероховатости. Для чистового шлифования можно использовать круг 64С40ПМ37К5, обеспечивающий  $R_a = 0,45 - 0,55$  мкм.

Обрабатываемость покрытий, полученных МЭУ с ППД, при черновой обработке незначительно лучше, чем при чистовой, что

связано с уплотнением поверхностного слоя и повышением его твердости. Однако существенных отличий как в целом, так и по области использования кругов в отдельности не наблюдается.

На втором этапе определения обрабатываемости покрытий, полученных МЭУ и МЭУ с ППД, рассматривалось влияние режимов шлифования на производительность и качество обработанной поверхности.

Известно, что съем материала и параметры шероховатости обработанной поверхности при шлифовании подчиняются логарифмическому нормальному закону распределения [3]. Поэтому зависимость исследуемых параметров от изучаемых факторов можно представить зависимостью

$$P = e^{\alpha} \cdot S_{\text{пр}}^x \cdot S_{\text{п}}^y \cdot V^z \cdot n^{\beta}, \quad (1)$$

где  $P$  – исследуемый параметр;  $e = 2,718$  – основание натурального логарифма;  $\alpha, x, y, z, \beta$  – коэффициенты регрессии;  $S_{\text{пр}}, S_{\text{п}}, V, n$  – независимые переменные (факторы).

Уравнение (1) является исследуемой математической моделью, в которой для получения значений показателей степени делаем преобразование, прологарифмировав обе части. В результате получаем уравнение

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4.$$

Здесь  $Y$  истинное значение параметра в логарифмическом масштабе;  $X_1, X_2, X_3, X_4$  – логарифмы регрессии, соответственно;  $S_{\text{пр}}, S_{\text{п}}, V, n, b_1, b_2, b_3, b_4$  – коэффициенты, значения которых определяем при помощи метода математического планирования экспериментов, применив дробный факторный эксперимент типа  $2^{4-1}$ .

В нашем случае функциями отклика служили следующие параметры:  $Y_1 = Q$  – съем материала, г/мин;  $Y_2 = Ra$  – среднее арифметическое отклонение профиля, мкм;  $Y_3 = H_{\text{max}}$  – отклонение 5 наибольших максимумов, мкм;  $Y_4 = H_{\text{min}}$  – отклонение 5 наибольших минимумов, мкм;  $t_p = Y_5$  – относительная опорная длина профиля на уровне  $p$ , %.

Обработку образцов с покрытием из порошка Fe-2%V производили шлифовальным кругом 15A40PC27K6 с охлаждением 5-процентным раствором эмульсола в воде при скорости  $V_k = 30$  м/с.

Установлено, что во всех уравнениях коэффициенты по критерию Стьюдента значимы с 95-процентной доверительной вероятностью, а уравнения по критерию Фишера адекватны при 5-процентном уровне значимости.

Уравнения регрессии, для покрытий, полученных МЭУ, имеют следующий вид

$$\begin{aligned} Q &= 1,121 + 0,792X_1 + 0,436X_2 - 0,052X_3 + 0,249X_4; \\ Ra &= 0,067 + 0,411X_1 + 0,079X_2 - 0,109X_3 + 0,023X_4*; \\ H_{max} &= 1,419 + 0,387X_1 + 0,074X_2 + 0,025X_3* - 0,033X_4; \\ H_{min} &= 1,366 + 0,283X_1 + 0,014X_2* + 0,089X_3 - 0,015X_4*; \\ t_p &= 4,122 - 0,055X_1 + 0,008X_2* + 0,054X_3 + 0,059X_4. \end{aligned} \quad (2)$$

Уравнения регрессии, для покрытий, полученных МЭУ с ППД, имеют следующий вид

$$\begin{aligned} Q' &= 1,759 + 0,678X_1 + 0,344X_2 + 0,087X_3 + 0,006X_4*; \\ Ra' &= -0,088 + 0,332X_1 + 0,141X_2 - 0,099X_3 - 0,061X_4; \\ H'_{max} &= 1,384 + 0,198X_1 + 0,175X_2 - 0,042X_3* - 0,063X_4; \\ H'_{min} &= 1,656 + 0,103X_1 + 0,063X_2 - 0,052X_3 - 0,057X_4; \\ t'_p &= 3,814 - 0,082X_1 - 0,079X_2 - 0,021X_3* - 0,003X_4*. \end{aligned} \quad (3)$$

Уравнения регрессии (2) и (3) преобразованы и после потенцирования приняли следующий вид:

для покрытий, полученных МЭУ,

$$\begin{aligned} Q &= e^{2,663} \cdot S_{np}^{2,286} \cdot S_n^{0,725} \cdot V^{-0,149} \cdot n^{0,359}; \\ Ra &= e^{0,557} \cdot S_{np}^{1,187} \cdot S_n^{0,155} \cdot V^{-0,316} \cdot n^{-0,032}; \\ H_{max} &= e^{0,886} \cdot S_{np}^{0,818} \cdot S_n^{0,116} \cdot V^{0,071} \cdot n^{-0,048}; \\ H_{min} &= e^{0,065} \cdot S_{np}^{0,815} \cdot S_n^{0,02} \cdot V^{0,258} \cdot n^{-0,022}; \\ t_p &= e^{3,692} \cdot S_{np}^{-0,16} \cdot S_n^{0,01} \cdot V^{0,14} \cdot n^{0,085}, \end{aligned} \quad (4)$$

а для покрытий, полученных МЭУ с ППД,

$$\begin{aligned} Q' &= e^{1,279} \cdot S_{np}^{2,036} \cdot S_n^{0,551} \cdot V^{0,251} \cdot n^{0,008}; \\ Ra' &= e^{1,003} \cdot S_{np}^{0,959} \cdot S_n^{0,234} \cdot V^{-0,286} \cdot n^{-0,088}; \\ H'_{max} &= e^{2,525} \cdot S_{np}^{0,571} \cdot S_n^{0,282} \cdot V^{-0,12} \cdot n^{-0,091}; \\ H'_{min} &= e^{2,306} \cdot S_{np}^{0,298} \cdot S_n^{0,105} \cdot V^{-0,15} \cdot n^{-0,05}; \\ t'_p &= e^{3,782} \cdot S_{np}^{-0,123} \cdot S_n^{-0,123} \cdot V^{-0,07} \cdot n^{-0,007}. \end{aligned} \quad (5)$$

Анализ полученных уравнений (4) и (5), позволяет рекомендовать для обработки покрытий, полученных МЭУ, следующий ре-

жим:  $V_k = 30$  м/с;  $V = 40$  м/мин;  $S_{пр} = 1 - 3$  м/мин;  $S_{п} = 0,005 - 0,010$  мм/дв.ход;  $n = 3 - 4$ . Для обработки поверхностей деталей, подвергнутых МЭУ с ППД, продольную подачу следует увеличить до  $2 - 3$  м/мин, а поперечную до  $0,01 - 0,015$  мм/дв.ход.

На третьем этапе определялась обрабатываемость покрытий, полученных МЭУ и МЭУ с ППД порошков из различных материалов по критериям  $Q$ , Ra и  $t_p$ .

Обработку образцов (по 10 штук для каждого КФП) проводили шлифовальным кругом 15A40HC27K6 с применением СОЖ (5-процентный водный раствор эмульсола Э2) при следующем режиме:  $V_k = 30$  м/с;  $V_d = 36$  м/мин;  $S_{пр} = 1,7$  м/мин;  $S_{п} = 0,01$  мм/дв.ход;  $n = 3$ .

Полученные результаты представлены на рисунке, из которого следует, что метод нанесения покрытий не оказывает существенно влияния на обрабатываемость последних. В тоже время химический состав материалов КФП влияет на обрабатываемость покрытий. С учетом убывания обрабатываемости рассматриваемые покрытия (рисунок) по критериям обрабатываемости можно расположить в ряды. Так, для покрытий, полученных МЭУ, имеем:

- по критерию  $Q$ :

ПР - Сталь45 - 1%В→Fe - 2%V→ПЖРВ2→Fe - 10%V→Fe - Ti→Р6М5Ф3→С - 300→Р6М5К5→ФБХ 6-2;

- по критерию Ra:

ФБХ 6-2→Р6М5К5→Р6М5Ф3→С - 300→Fe - Ti→Fe - 10%V→Fe - 2%V→ПР Сталь 45 - 1%В→ПЖРВ2;

- по критерию  $t_p$ ;

ФБХ 6-2→Р6М5К5→Р6М5Ф3→Fe - 10%V→Fe - Ti→Fe - 2%V→С - 300 → ПР Сталь 45 - 1%В→ПЖРВ2.

Для покрытий, полученных МЭУ с ППД:

- по критерию  $Q$ :

ПЖРВ2→ПР Сталь 45 - 1%В→Fe - 2%V→Fe - 10%V→С - 300→Fe - Ti→Р6М5К5→Р6М5Ф3→ФБХ 6-2;

- по критерию Ra:

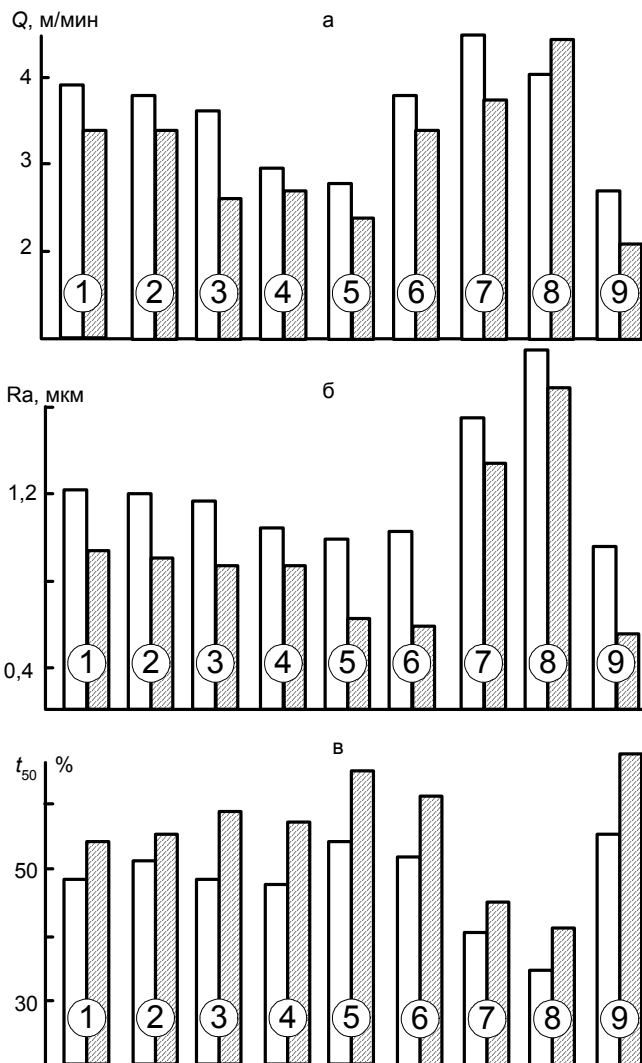
ФБХ 6-2→Р6М5Ф3→Р6М5К5→Fe - Ti→С - 300→Fe - 10%V→Fe - 2%V→ПР Сталь 45 - 1%В→ПЖРВ2;

- по критерию  $t_p$ ;

ФБХ 6-2→Р6М5К5→Р6М5Ф3→Fe - Ti→С - 300→Fe - 10%V→  
Fe - 2%V→ ПР Сталь 45 - 1%В→ПЖРВ2.

Покрытия, с учетом влияния химического состава материалов КФП на обрабатываемость, разделили на две группы. К первой группе отнесены покрытия, которые при обработке показали самые высокие результаты по критерию производительности и очень низкие по критериям качества обработанной поверхности (ПР Сталь 45-1%В и ПЖРВ2). Вторую группу составили покрытия, имеющие наилучшие показатели по критериям качества обработанной поверхности и невысокие по производительности (ФБХ 6-2, Р6М5К5, Р6М5Ф3, С-300, Fe-V, Fe-Ti).

Видно (рисунок), что покрытия, имеющие лучшую обрабатываемость по производительности, показывают наихудшие результаты по критериям качества обработанной поверхности. Обусловлено это тем, что химический состав материалов КФП при формировании покрытий определяет физико-механические свойства последних, которые оказывают влияние на обрабатываемость. Так, покрытия второй группы относятся к высоколегированным, имеющим высокую микротвердость. Так, например, в покрытиях из порошков Fe - V и Fe - Ti присутствуют твердые растворы ванадия и титана в железе. В структуре покрытий из быстрорежущих сталей, ферроборохрома и высокохромистого чугуна эвтектического состава, наряду с твердыми растворами, присутствуют карбиды вольфрама, ванадия, молибдена, бора и других металлов, входящих в состав исследуемых порошков. Кроме того, пористость и магнитные свойства покрытий второй группы значительно ниже, чем первой. Все это обуславливает лучшую обрабатываемость покрытий второй группы по критериям качества обработанной поверхности. Наилучшую обрабатываемость по этим критериям показали



Композиционные ферромагнитные порошки: 1) Fe-2%V; 2) Fe-10%V; 3) Fe-Ti; 4) С-300; 5) Р6М5К5; 6) Р6М5Ф3; 7) ПР Сталь 45-1% В; 8) ПЖРВ2; 9) ФБХ 6-2

Рисунок – Производительность  $Q$  (а) и параметры шероховатости обработанной поверхности  $Ra$  (б) и  $t_{50}$  (в) при шлифовании покрытий, полученных МЭУ (не заштриховано) и МЭУ с ППД (заштриховано) КФП

покрытия из порошков ФБХ 6-2, Р6М5Ф3, Р6М5К5, имеющие наибольшую микротвердость.

### **Заключение**

Таким образом, из широкой номенклатуры покрытий наилучшие результаты, как по производительности, так и по качеству обработанной поверхности показали материалы на основе феррованадия и ферротитана.

Наилучшие показатели по качеству обработанной поверхности дали материалы из быстрорежущих сталей и ферроборохрома.

Для обработки покрытий шлифованием наиболее универсальны среднемягкие круги из электрокорундов белого и нормального зернистостью 25 – 40 мкм на керамической связке. Их можно использовать как при черновой, так и при чистовой обработке. При этом окружную скорость круга целесообразно принимать 30 – 35 м/с, окружную скорость обработанной детали до 40 м/мин, продольную подачу 1 – 2 м/мин, поперечную 0,005 – 0,01 мм/дв.ход, число проходов выхаживания 2 – 3.

Использование других видов материалов и связок нецелесообразно в связи с низкой производительностью обработки или из-за засаливания и возникновения прижогов. Приоритетное применение керамической связки обусловлено ее высокой теплостойкостью (по сравнению с вулканитовой и бакелитовой связками). Использование легированного электрокорунда и синтетических алмазов нежелательно из-за химической активности с обрабатываемыми материалами покрытий, полученных на основе железа.

### **Список использованной литературы**

1. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле / Л.М. Акулович. – Полоцк : ПГУ, 1999. – 240 с.
2. Мрочек, Ж.А. Прогрессивные технологии восстановления и упрочнения деталей машин / Ж.А. Мрочек, Л.М. Кожуро, И.П. Филонов // . – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 268 с.
3. Кожуро, Л.М.. Шлифование металлов / Л.М. Кожуро, П.С. Чистосердов, Э.И. Ремизовский, Е.Э. Фельдштейн: Под общ. ред. Л.М. Кожуро. – Минск : Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.

УДК 631.31

**Силяков С.Л.**, зав. лабораторией, кандидат технических наук,  
ФГБУН ИСМАН, г. Черноголовка, Российская Федерация

**Аулов В.Ф.**, зав. лабораторией, кандидат технических наук,

**Рожков Ю.Н.**,

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение

«Федеральный научный агроинженерный центр ВИИМ»,

г. Москва, Российская Федерация

## **ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННЫЕ СВС-ПРОЦЕССОМ И ТВЧ-НАГРЕВОМ**

***Аннотация.** Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) – одно из наиболее перспективных направлений для получения новых материалов, включая покрытия. Сам процесс представляет собой экзотермическую реакцию, в которой выделение тепла сконцентрировано в конкретной области детали. В данной статье рассматривается технологическая процедура получения новых износостойких покрытий, с использованием СВС-процесса с инициацией процесса нагревом детали токами высокой частоты (ТВЧ). Приведены результаты испытаний на износостойкость полученных образцов.*

***Ключевые слова:** ТВЧ-нагрев, СВС-процесс, ХТО, износостойкость, твердость.*

### **Введение**

Интенсивный износ рабочих органов является общей проблемой всех почвообрабатывающих комплексов и сельскохозяйственных машин [3]. Во время работы почвообрабатывающей техники поверхность рабочих органов при их взаимодействии с почвой подвергается интенсивному износу. Поэтому, требуется упрочнение рабочих поверхностей деталей нанесением износостойких покрытий. В данном случае, для получения поверхностного слоя детали, обладающего высокой твердостью и прочностью, стойкостью к коррозии, абразивной стойкостью, применен метод химико-термической обработки (ХТО), заключающейся в одновременном воздействии на упрочняемую поверхность детали температуры, скоростного нагрева токами высокой частоты и активных компонентов, способных химически реагировать с материалом детали.

### Технологическая часть

Предварительно подготавливаются образцы размером  $30 \times 50 \times 5$  мм, вырубленные из проката стали 65Г. Проводится пескоструйная обработка поверхности. На поверхность наносят смесь в виде порошка, который содержит в себе равномерно распределенные слои реагентов в определенной пропорции, рассчитанной по уравнению реакции синтеза сплавов внедрения. В результате ТВЧ-нагрева, температура подложки составляет порядка  $850^\circ\text{C}$ , происходит СВС процесс с видимым, медленным, фронтом горения и температурой около  $2500^\circ\text{C}$ . После окончания процесса проводится охлаждение образцов в воде с добавкой соли. Это позволяет получить заданную твердость основы.

**Результаты и их обсуждение.** При одновременном осуществлении СВС-процессов и ТВЧ-нагрева стали 65Г, покрытой упрочняющими составами, на всех образцах образовались покрытия, по внешнему виду имеющие серебристый оттенок, напоминающие твердый сплав.

На оборудовании Наносцентра ГОСНИТИ исследованы полученные покрытия для определения микротвердости (использован микротвердомер КМТ-1).

Результаты исследований микротвердости приведены на рисунке 1.

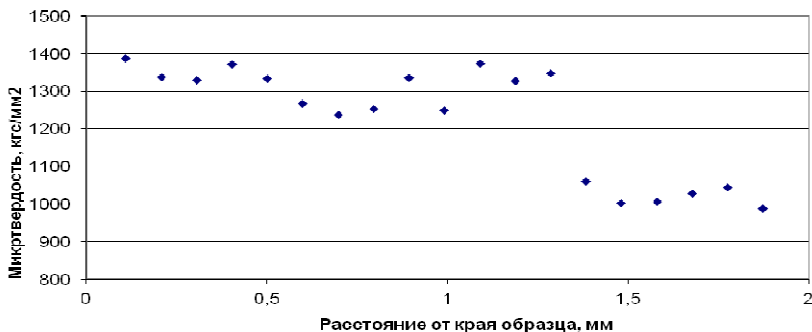


Рисунок 1 – Распределение микротвердости по глубине образца на основе Fe-W-Si-B

Максимальная микротвердость наплавленного слоя составляет  $1400 \text{ кгс/мм}^2$ . Толщина наплавленного слоя –  $1,5 \text{ мм}$ .

Образцы были испытаны на абразивный износ на установке

ИМ-01 в РГАУ МСХА им. К.А Тимирязева.

Примеры образцов с нанесенными покрытиями и следами испытаний на износостойкость изображены на рисунке 2.

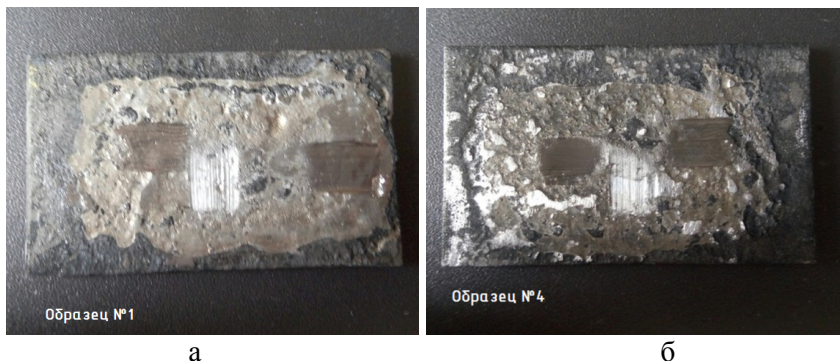


Рисунок 2 – Образцы с покрытиями на основе смесей: а - Fe-W-Si-B; б - Fe-Si-B.

Результаты испытаний на абразивный износ представлены в таблице.

Таблица – Значения износостойкости образцов

Образец: №, компоненты смеси	Относительный износ	Относительная износостойкость Сталь 45	Относительная износостойкость Сталь 65Г	Среднеквадратичное отклонение, S
Эталон: сталь 45	1	1	0,7543	0,0070
Сталь 65Г			1	
1 – Cr- B-Si	0,4256	2,3497	1,7723	0,0024
2 – Fe-W-Si-B	0,3257	3,0700	2,3157	0,0031
3 - Fe-W-Mn-Si-B	0,4337	2,3056	1,7390	0,0032
4 – Fe-Mn-Co-Cr-Si-B-C	0,2897	3,4516	2,6034	0,0010
5 - Fe-Si-B	0,2799	3,5731	2,6951	0,0053
6 - Fe-Si-C	0,4607	2,1705	1,6371	0,0046

Как видно из таблицы, наиболее высокой относительной износостойкостью обладает образец № 5: в 3,5 раза больше по отношению к стали 45 и в 2,7 раза больше, чем у стали 65Г.

## **Выводы**

Показано, что в условиях одновременного осуществления СВС-процессов и ТВЧ-нагрева на поверхности образца 65Г образуются износостойкие композиционные покрытия. Наибольшая микротвердость покрытий составляет  $1400 \text{ кгс/мм}^2$ , толщина достигает 1,5 мм. Износостойкость полученных образцов в 3,5 выше, чем стали 45, и в 2,7 раза выше, чем стали 65Г. Процесс протекает при температуре нагрева индуктора  $850 \pm 20 \text{ }^\circ\text{C}$ , что облегчает проведение работ в реальных технологических условиях существующих производств на установках ТВЧ, предназначенных для проведения закалки. Наибольшую износостойкость имеют смеси на основе Fe-Si-B и Fe-Mn-Co-Cr-Si-B-C. Работы с этими ингредиентами будут продолжены для поиска наиболее рациональных режимов и составов, обеспечивающих максимальное повышение износостойкости и минимальный коэффициент трения.

### Список использованной литературы

1. Борисенко, Г. В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник: [Текст] / Г.В. Борисенко, Л.А. Васильев, Л.Г. Ворошнин. – М.: Металлургия, 1981.
2. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: справочник: [Текст] / под ред. Л.С. Ляховича. – М.: Металлургия, 1981.
3. Ворошнин, Л.Г. Борирование стали: [Текст] / Л.Г. Ворошнин, Л.С. Ляхович. – М.: Металлургия, 1978.
4. Ишков, А.В. Физико-химические и инженерные основы создания функциональных боридных покрытий на сталях при ТВЧ-нагреве: [Текст] / А.В. Ишков, Н.М. Мишустин, В.В. Иванайский // Научно-технический вестник Поволжья. – 2010. – № 2. – С. 92 – 97.
5. Ишков, А.В. Износостойкие боридные покрытия для почвообрабатывающих органов сельхозтехники: [Текст] / А.В. Ишков, Н.Т. Кривочуров, Н.М. Мишустин, В.В. Иванайский, А.А. Максимов // Вестник АГАУ. – 2010. – Т.71. – № 9. – С.71 – 75.
6. Аулов В.Ф., Иванайский В.В., Ишков А.В., Лялякин В.П., Коваль Д.В., Кривочуров Н.Т., Соколов А.В. Получение износостойких композиционных боридных покрытий на стали 65Г при ТВЧ-нагреве //Труды ГОСНИТИ. 2014. – Т.115. – С. 139 – 145.

**Abstract.** Self-propagating high-temperature synthesis (SHS) is one of the most promising directions for the production of new materials, including coatings. The process itself is an exothermic reaction in which

the heat release is concentrated in a specific area of the part. This article deals with the technological procedure for obtaining new wear-resistant coatings, using the SHS process with the initiation of the process by heating the parts with high-frequency currents (HF). Results of tests on wear resistance of the obtained samples are given.

**Keywords:** high-frequency heating, SHS-process, НТО, wear resistance, hardness.

УДК 501.22:621.763

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

**Калиниченко В.А.**<sup>2</sup>, кандидат технических 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

## **СИНТЕЗ ЛИТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

***Аннотация.** В статье представлены сведения о литых композиционных материалах с макрогетерогенной структурой высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения с малыми линейными скоростями, предназначенными для использования в сельскохозяйственных и энергетических машинах агропромышленного комплекса. Описан ряд аспектов применения данных изделий.*

### **Введение**

При эксплуатации машин и оборудования важную роль играет снижение расходов на техническое обслуживание, плановые и текущие ремонты путём повышения надежности узлов и агрегатов [1,2]. В узлах трения данный аспект может быть решен с помощью выхода эксплуатационных свойств материала в режим «безизносного трения», для реализации которого наиболее предпочтительно идеальное выполнение принципа Шарпи. Литые композиционные материалы (КМ) с матрицами на основе медных сплавов и армирующими чугунами гранулами максимально приближены к заяв-

ленному принципу [3]. За счет введения в металлическую матрицу высокопрочных и высокомодульных гранул резко повышается прочность, жаропрочность, трещиностойкость, вязкость, жесткость материалов. Сочетание матрицы и гранул, обладающих специальными физическими свойствами, открывает широкие возможности для создания новых уникальных композиционных материалов и дает возможность эксплуатировать сельскохозяйственные и энергетические машины в тяжелых условиях, включая режимы сухого трения.

### **Основная часть**

Армированные литые КМ относятся к числу наиболее перспективных конструкционных материалов. В настоящее время хорошо развиты теоретические основы механики армированных композиционных материалов, существенные успехи достигнуты в материаловедении. Однако имеется ряд проблем, связанных с выбором оптимальной технологии, обеспечивающей достижение на практике предсказываемых теорией свойств композитов, управления межфазным взаимодействием для повышения стабильности структуры и свойств КМ, разработкой новых видов армирующих элементов, позволяющих поднять уровень эксплуатационных характеристик композита [3].

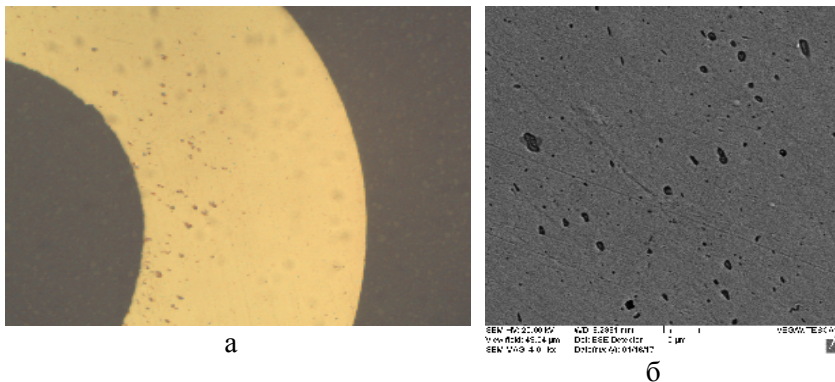
Композиционные материалы на основе меди разрабатывают, главным образом, триботехнического назначения, так как они обладают повышенными механическими свойствами. Для макрогетерогенных композиционных материалов, применяемых в узлах трения, важную роль имеет состав матрицы и армирующего элемента. В качестве армирующего элемента, в основном, используется литые гранулы стали ШХ15 или литейная чугунная дробь марки ДЛЧ диаметром порядка 1мм; в отношении состава матрицы имеется широкий спектр материалов, которые удовлетворяют поставленной задаче (повышенная прочность на сжатие, низкий коэффициент трения и высокая износостойкость).

По результатам ранее проведенных испытаний наиболее эффективно использование безоловянистых бронз. Среди них, особое значение в качестве основы играют кремнистые бронзы (содержание кремния до 3,5%). Наибольшее распространение получили бронзы, дополнительно легированные марганцем и никелем, которые улучшают механические и коррозионные свойства. В кремне-марганцевой бронзе БрКМц3-1 добавка 1,0...1,5% марганца практически полностью находится в  $\alpha$ -твердом растворе, поэтому полуфабрикаты из этого сплава упрочняющей термической обработке не подвергаются. Бронза БрКН1-3 относится к числу термически

упрочняемых сплавов, в которых никель с кремнием образуют силицид  $Ni_2Si$ . Силицид кремния определяет упрочнение бронзы при старении ( $450^{\circ}C$ , 1 час) после закалки с  $850^{\circ}C$ . Бронзы БрКМц3-1 и БрКН1-3 отличаются высокими пружинными и антифрикционными свойствами, а также хорошей коррозионной стойкостью. Бронзы деформируются в горячем и холодном состояниях, свариваются с другими бронзами и сталью, паяются мягкими и твердыми припоями.

Кроме бронз типа БрКЗМц, была использована бериллиевая бронза БрБ2, обладающая более низкой температурой плавления, отсутствием при ударном воздействии искры, с практически аналогичными механическими свойствами [4]. Высокая прочность и упругость, при одновременно повышенной химической стойкости, хорошая обрабатываемость резанием и свариваемость делает эту бронзу подходящей основой КМ при производстве деталей ответственного назначения. Микроструктура бериллиевой бронзы, полученной литьем в кокиль, приведена на рисунке 1.

Для улучшения демпфирующих свойств композиционных материалов было предложено ввести в матричный состав КМ на основе бронзы БрБ2 углеродные нанотрубки.



а) –  $\times 50$ , б) –  $\times 4000$   
Рисунок 1 – Структура бронзы БрБ2

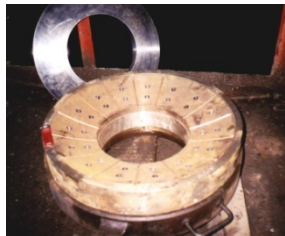
На протяжении многих лет углеродные нанотрубки, применение которых не ограничивается одной определенной отраслью, используются в научных исследованиях [5]. В результате исследований выявлено, что им присущи такие свойства, как растяжение и изгиб. При действии серьезных механических нагрузок, элементы не рвутся и

не ломаются, то есть могут подстраиваться под различные напряжения. Однако материал имеет ограниченные позиции на рынке, из-за проблем с его масштабным производством. Благодаря таким характеристикам, как прочность, изгиб, проводимость, нанотрубки используются во многих областях: в качестве добавок к полимерам; производства композитов и усиления их структуры и свойств; изготовления анодов в батарейках, датчиков и конденсаторов и др. [5].

Предварительными экспериментами установлено, что введение в матричный медный сплав даже небольшого количества углеродных нанотрубок с каркасной структурой (не более 0,05 – 0,1 % от массы) существенно повышает механические свойства композиционного материала.

При изготовлении деталей узлов трения из литых КМ на основе литых гранул чугунов марки ДЛЧ с матрицей из бронзы БрКЗМц1 установлено образование массивной прослойки интерметаллида (200 – 500мкм). При таких толщинах интерметаллид должен разрушаться уже при минимальных динамических нагрузках. В действительности этого не происходит. С появлением данного интерметаллида можно связать высокую износостойкость этого КМ в различных условиях по сравнению с другими материалами подобного типа. Он уже применяется для тяжело нагруженных пар трения, в различных областях промышленности [4].

Из разработанных материалов могут изготавливаться изделия практически любой геометрической формы и размера, включая биметаллические заготовки, например, направляющие различного назначения, червячные колеса, втулки, подшипники скольжения. На рисунке 2 приведены полученные изделия из композиционных материалов на основе бронз БрКЗМц1, БрБ2.



а) – шестерня, б) – биметаллическая втулка, в) – сборный композиционный подшипник рекуперативного подогревателя

Рисунок 2 – Образцы применения композиционных материалов

Данный тип материалов может эксплуатироваться в ряде агрессивных сред с высокой запылённостью, повышенной температурой или влажностью и др., где использование аналогичных материалов не представляется возможным. Температура эксплуатации изделий составляет до 500 °С.

### **Заключение**

Рассмотрены особенности синтеза литых композиционных материалов на основе меди с макрогетерогенной структурой, высокой износостойкости для работы в высоконагруженных узлах трения с малыми линейными скоростями. Из разработанных материалов можно изготавливать изделия любой геометрической формы и размеров, включая биметаллические детали, предназначенные для использования в сельскохозяйственных и энергетических машинах агропромышленного комплекса.

### **Список использованной литературы**

1. Жорник, В.И. и др. Рекомендации по ремонту и реконструкции тяжело нагруженных узлов скольжения с использованием композиционных материалов. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 87 с.
2. Калиниченко, А.С. и др. Нормализация тепломеханического состояния паровых турбин - Сб. материалов секции «Энергетическая безопасность союзного государства» 6 - 11.10.14. - Мн. БНТУ, 2014. – С. 20-21.
3. Тучинский, Л.И. Композиционные материалы, получаемые методом пропитки. – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
4. Гуляев, А.П. Металловедение, М.: Металлургия, 1986. – 546с.
5. Сайт. [http:// fb.ru/ article /231011/ uglerodnyie- nanotrubki- proizvodstvo-primenenie-svoystva](http://fb.ru/article/231011/uglerodnyie-nanotrubki-proizvodstvo-primenenie-svoystva) просмотрен 16. 12. 2016г. 18:00.

**Abstract.** The paper presents information about cast composite materials with macroheterogeneous structure with high wear resistance for operation in heavy loaded friction units with small linear velocities intended for use in the units and aggregates of agricultural machinery and energy used in agriculture. Described a number of aspects of use of these products.

УДК 501.22:621.763

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

**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*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ ПРИ СИНТЕЗЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕДНЫХ СПЛАВОВ**

***Аннотация.** В статье приведены сведения о высокоэнергетических способах нагрева и синтеза композиционных материалов на основе медных сплавов, предназначенных для использования в низкоскоростных машинах агропромышленного комплекса. Приведен иллюстративный материал и рассмотрены особенности формирования поверхностных слоев.*

### **Введение**

Известны широкие классы композиционных материалов (КМ) хорошо зарекомендовавших себя в различных триботехнических системах [1, 2]. Одним из видов таких композитов являются литые макрогетерогенные композиционные материалы на основе медных сплавов (рисунок 1,а). Низкоскоростные машины агропромышленного комплекса требуют широкого применения в узлах трения литых КМ с более однородной структурой и равномерным распределением в матрице гранул. Синтез данного типа композиционных материалов сопровождается большими энергетическими затратами, связанными с продолжительностью процесса. Для повышения производительности изготовления узлов триботехнического назначения предложено использование подвода высоких плотностей энергии в короткий промежуток времени [3].

### **Основная часть**

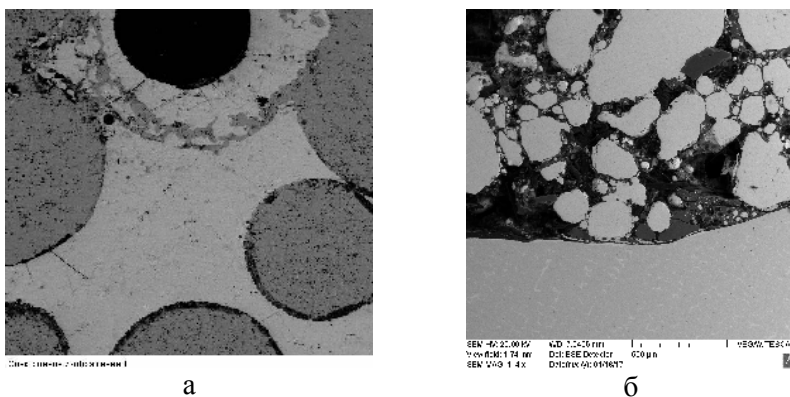
Реализация поставленной задачи осуществлялась с использованием высокоэнергетических способов нагрева и синтеза композитов с помощью лазерного излучения и индукционных токов вместо

стандартной технологии производства. Объектом исследований выбрана технология синтеза литого макрогетерогенного композиционного материала на основе бронзы БрКЗМц, армированного чугунными сферическими гранулами диаметром 0,5-1,0мм, средствами индукционного нагрева, на заранее подготовленной подложке, упрочненной посредством лазерного излучения.

Для термической обработки подложки и придания ей определенных свойств использовался СО<sub>2</sub>-лазер типа «Комета - 2» мощностью 1 кВт. Параметры лазерного излучения: фокусное расстояние 7,0мм, скорость прохождения луча 70 мм/мин.

Создание композиционного слоя на упрочненной подложке реализовывалось с помощью установки индукционного нагрева типа ИНМ 30-8-50, в которой производился нагрев и проплавление заранее подготовленной смеси для матричного состава, армирующих гранул и упрочненных пластин. После обработки шлифы из образцов КМ были изучены с применением электронного микроскопа VEGA II LMU.

В результате экспериментов было выявлено, что композит имеет типичную для литых композиционных материалов структуру (рисунок 1,б), Однако наблюдается некоторое уменьшение сферичности гранул, что может быть связано с проплавлением их кромок. Модифицированная лазерным излучением структура стальной пластины осталась без видимых изменений после индукционной обработки (рисунок 1,б). Вышеуказанные факторы являются важными при анализе свойств литых композиционных материалов. По виду зоны раздела между матричным сплавом, армирующим телом и пластиной подложки представляется возможным оценить качество полученного композиционного материала и спрогнозировать вероятность его разрушения в процессе эксплуатации в результате трещинообразования, либо выкрашивания армирующего элемента.



а) – литой композиционный материал, б) – композиционный материал, полученный с помощью индукционного нагрева

Рисунок 1 – Композиционные материалы, полученные различными типами энергетического воздействия

Было проведено исследование композиционного материала на основе бронзы БрКЗМц, полученного синтезом с использованием индукционного нагрева. Наибольшее внимания при оценке свойств композиционных материалов представляет зона раздела «чугун - медный сплав». Выполнен анализ распределения химических элементов по линии данного участка (рисунок 2), по выбранным точкам был проведен спектральный анализ элементов (рисунок 3) и установлены их суммарные концентрации. Из анализа распределения химических элементов видно, что при таком типе синтеза литого КМ наблюдается достаточно выраженная граница раздела «матрица - армирующая гранула». Этого не обнаружено при стандартном синтезе.

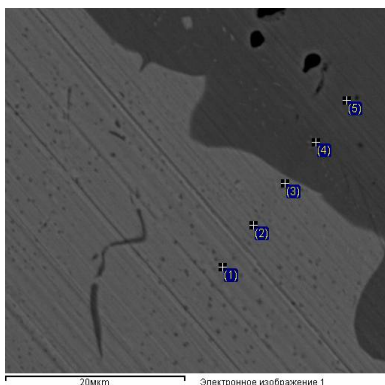


Рисунок. 2 – Зона композиционного материала, полученного с помощью индукционного нагрева, и точки для анализа химических элементов

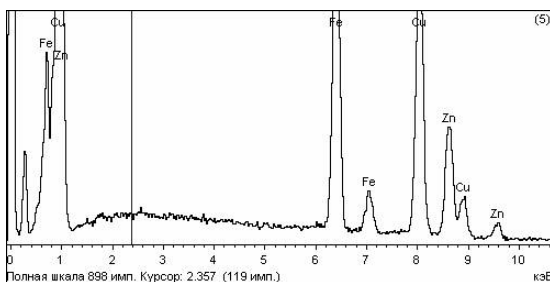


Рисунок. 3 – Спектральный анализ элементов в образце на рисунке 2

Разработанная технология синтеза позволяет сократить время изготовления композиционного изделия при обеспечении требуемого качества. Так, для шпонки тяжело нагруженного вала привода редуктора время технологического процесса уменьшилось в 10 раз, с 5 часов при использовании стандартной схемы нагрева, до 0,5 часа с использованием индукционного нагрева.

### Заключение

Анализ экспериментальных данных показал, что структура композиционного материала, полученного с помощью индукционного нагрева, имеет более равномерное строение, что доказывает перспективность развития высокоэнергетических способов нагрева и синтеза литых композитов. Необходимо отметить, что рассматриваемая технология требует дальнейшего совершенствования, так как в теле получаемых изделий (особенно в угловых зонах) встре-

чаются места полного проплавления армирующего элемента, что негативно отражается на эксплуатационных свойствах изделий.

Список использованных источников

1. Жорник В.И., Калиниченко А.С., Кезик В.Я. Рекомендации по ремонту и реконструкции тяжело нагруженных узлов скольжения с использованием композиционных материалов. – Минск: ИТК НАН Беларуси, 2000. – 87 с.

2. Kalinichenko A.S., Kezik V.Ya., Bergmann H.W., Kalinitchenko V.A. Structure of surface layers of metal matrix composites // Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. 1999, V. 30. P. 136-144

3. Калиниченко В.А. Анализ структуры и свойств макрогетерогенных композиционных материалов полученных методами высокоэнергетического воздействия. Сборник научных трудов X МНТК. Современные методы и технологии создания и обработки материалов. Минск: ФТИ. 16-18.09.2015. Кн. 2. С.175-179.

**Abstract.** The article describes how high-energy heat and synthesis of composite materials based on copper alloys for use in low-speed machines of the agro-industrial complex. Shown illustrative material and described the peculiarities of formation of surface layers.

УДК: 621.9.048.4

**Иванов В.И.**, кандидат технических наук

*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение*

*«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,*

*г. Москва, Российская Федерация*

**КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ  
ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО УПРОЧНЕНИЯ  
И УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА**

**Аннотация.** На основе анализа условий эксплуатации и преобладающего характера износа широкой номенклатуры инструментов и деталей предложена классификация упрочняемых электроискровым методом объектов и описаны методологические и технологические особенности обработки для увеличения их износостойкости и ресурса.

**Ключевые слова:** *электроискровая обработка, покрытие, трение, износ, упрочнение, износостойкость, детали, инструменты.*

Среди многих методов упрочнения и увеличения ресурса инструментов и деталей определенное место занимает электроискровое легирование (ЭИЛ). К настоящему времени накоплен значительный опыт его применения, который используется многими предприятиями [1 – 4].

Наряду с этим, использование этого экономичного метода бывает порой недостаточно эффективным, ограничены объемы его применения. Это связано с отсутствием знаний об основных причинах ограниченного ресурса инструментов и деталей, факторах, способствующих увеличению износостойкости, непониманием особенностей электроискрового процесса и отсутствием достаточного практического опыта работы на установках ЭИЛ. Также препятствует успешному использованию электроискрового метода упрочнения отсутствие необходимой технологической документации по его применению. При высокой универсальности электроискрового метода нанесения металлопокрытий для создания эффективных упрочняющих технологий требуется система, позволяющая упростить методологию их разработки.

Целью данной работы являлось создание классификации объектов упрочнения и восстановления электроискровым методом и выявление для каждой группы объектов методологических и технологических особенностей электроискровой обработки с учетом разрушающего действия на рабочие поверхности основных внешних факторов и преобладающих видов износа. Работа направлена на создание системы, позволяющей упростить методологию разработки упрочняющей и восстанавливающей технологии в пределах технологических возможностей электроискрового метода.

Работоспособность и ресурс инструментов и деталей зависят от многих факторов, к которым относятся качественные характеристики этих объектов и условия их эксплуатации. Условно эти факторы можно разделить на факторы внешнего воздействия и внутренне. К последним факторам отнесем качественные характеристики инструментов и деталей, которые определяются, главным образом, как прочностными свойствами материала, из которого они изготовлены, так и прочностными свойствами поверхностного слоя, а также параметрами рельефа рабочей поверхности.

Таблица 1 – Условия эксплуатации и характер износа различных инструментов и деталей

№ п/п	Тип инструмента, детали	Условия эксплуатации	Вид и преобладающий характер износа
1	2	3	4
<b>Инструменты и технологическая оснастка</b>			
1	Металлорежущие инструменты из инструментальных сталей	Трение в контакте с материалом заготовки при высоких локальных давлениях и температурах на режущей кромке и в прикромочной зоне, локальный контакт с ювенильной поверхностью материала заготовки	Затупление (механический износ) режущей кромки, абразивный, адгезионный и тепловой износ рабочих поверхностей
2	Разделительные штампы листовой штамповки из инструментальных сталей		Затупление (механический износ) режущей кромки, абразивный, адгезионный, усталостный и фреттинг-износ рабочих поверхностей
3	Формообразующие штампы горячей штамповки	Трение в контакте с разогретым до пластического состояния металлом заготовки и окалиной	Изменение формы и размеров деформирующих элементов (механический, усталостный и тепловой износ), трещинообразование
4	Валки станов горячей прокатки		
5	Валки станов холодной прокатки	Трение в контакте с материалом заготовки при высоких локальных давлениях	Изменение формы и размеров деформирующих элементов, механический, усталостный и абразивный износ рабочих поверхностей

6	Литейные формы	Контакт с расплавом материала отливки	Изменение формы и размеров элементов литформы, тепловой износ и трещинообразование
7	Формы холодного прессования	Трение в контакте с сыпучим металлическим порошком	Изменение формы и размеров элементов рабочих частей, абразивный и усталостный износ
8	Формы горячего прессования	Трение в контакте с сыпучим материалом заготовки при повышенных температурах	Изменение формы и размеров элементов рабочих частей, абразивный, адгезионный или водородный, тепловой и усталостный износ
9	Инструменты для захвата и фиксации деталей	Трение в условиях преимущественно упругого контакта с различными материалами	Изменение формы и размеров элементов инструмента, абразивный и механический износ
10	Слесарно-монтажные инструменты	Трение в контакте с материалом заготовки при повышенных давлениях	

Детали машин			
11	Различные детали, поверхности которых работают в условиях неподвижных соединений: а) наружные поверхности (вал, ось); б) внутренние поверхности (корпус)	Многоцикловое воздействие малых и средних давлений при микроперемещениях в контакте с другими деталями	Изменение размеров рабочей поверхности, механический, усталостный и фреттинг-износ. Результат: снижение плотности контакта по периметру соединения с сопряженной деталью
12	Различные детали, поверхности которых работают в условиях трения скольжения: а) без смазки (сухое);	Трение скольжения при малых и средних локальных давлениях в контакте с другими деталями	Истирание и увеличение зазора с сопряженной деталью вследствие износа: - механического, адгезионного, абразивного, усталостного;
	б) со смазкой		- водородного
13	Различные детали, поверхности которых работают в условиях контакта: а) с потоком газа;	Контакт при нормальной или повышенной температуре: - с потоком газа при наличии капель жидкости и твердых включений	Изменение формы и размеров отдельных рабочих элементов вследствие износа: - эрозийного; коррозионного; абразивного
	б) с жидкостью;	- с различными жидкостями	- коррозионного (в т.ч. водородного), эрозийного; кавитационного
	в) с твердой средой	- с сыпучими и несипучими материалами	- абразивного.

Износ и потеря работоспособности инструментов и деталей разного назначения часто связаны с изменениями в поверхностном слое, происходящими в процессе их эксплуатации. В табл. 1 приведены результаты анализа, выполненного автором, преобладающих видов износа различных объектов с учетом разрушающего действия на рабочие поверхности основных внешних факторов.

Как следует из таблицы 1, приведенный широкий типовой ряд инструментов и деталей, подлежащих упрочнению и восстановлению электроискровым способом, работают в условиях, которые различаются в широких пределах по силовому и тепловому воздействию на рабочие поверхности, наличию на контакте твердых элементов, агрессивных сред и прочее. Эти условия определяют характерные виды изнашивания поверхностей: абразивный, адгезионный, усталостный, коррозионный, эрозионный и др.

Основой успешного универсального применения ЭИЛ (таблица 1) является возможность варьирования электрическими режимами, электродными материалами, длительностью обработки. В результате обеспечивается управление в широких пределах эксплуатационными свойствами формируемых покрытий, их толщиной в пределах от нескольких микрометров до 1 мм и более, а также возможность создания нового рельефа поверхности повышенной несущей способности.

Ниже на базе теоретического анализа и практического опыта с учетом данных таблицы 1 предлагаются основные принципы увеличения разных объектов, которые приняты автором в качестве методологической основы электроискровой упрочняющей обработки. Приведенная классификация объектов применения ЭИЛ создана с учетом широких технологических возможностей этого метода и специфических условий эксплуатации рабочих поверхностей различных металлических изделий - инструментов и деталей (таблица 2).

Согласно приведенной таблице, весь массив объектов, износостойкость и общий ресурс которых можно эффективно увеличить путем электроискровой обработки, условно разделен на три группы, т.е. объекты, рабочие поверхности которых находятся в контакте 1) с металлами, 2) с неметаллическими материалами и 3) с жидкостями или газами. Указанные группы объединяют 8 классов объектов, различающихся условиями эксплуатации. Проанализируем для каждого класса объектов основные принципы увеличения износостойкости и ресурса, которые могут представлять собой основу для разработки электроискровых технологий.

Таблица 2 – Классификация объектов и основные принципы увеличения износостойкости и ресурса при использовании электроискровой обработки

Условный № классов объектов	Основные объекты и их поверхности	Преобладающие факторы, инициирующие износ	Основные принципы увеличения износостойкости
1	2	3	4
<i><b>1 - Поверхности, контактирующие с металлами</b></i>			
I	поверхности скольжения пар трения различных механизмов и агрегатов (малонагруженные, $p < 0,2\sigma_s$ )	локальное силовое нагружение	увеличение несущей способности поверхности
		адгезионное взаимодействие материалов пары трения	создание пары трения с рабочими поверхностями из химических элементов и соединений с минимальной взаимной склонностью к свариванию
		наличие на поверхности контакта твердых элементов	увеличение твердости поверхности
		наличие на поверхности контакта химически активных веществ	создание пары трения с рабочими поверхностями из химических элементов и соединений, пассивных по отношению к веществам, находящимся на контакте
		знакопеременное силовое нагружение	создание в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия

II	поверхности неподвижных соединений (посадочные поверхности под подшипники качения и т.п.) валов, осей и корпусных деталей (средненагруженные, $0,2\sigma_s < p < 0,5\sigma_s$ )	силовое нагружение	увеличение несущей способности поверхности
		циклические микроперемещения	- нанесение на рабочую поверхность слоя смазки или мягкого покрытия; - создание в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия
		наличие на поверхности контакта твердых элементов	увеличение твердости поверхности
III	рабочие поверхности инструментов для обработки металлов и сплавов <u>резанием</u> (черновой и точно-размерной обработки) и <u>давлением</u> (холодной и горячей прокатки и штамповки, прессования, волочения) (высоконагруженные,	силовое нагружение	увеличение твердости поверхности и оптимизация ее рельефа
		тепловое нагружение	создание на рабочей поверхности слоя с теплопроводностью, существенно отличающейся от материала заготовки
		относительное перемещение заготовки и инструмента	оптимизация рельефа рабочей поверхности

	$p > \sigma_s$ )	адгезионное взаимодействие материалов заготовки и инструмента	создание на рабочей поверхности слоя из химических элементов и соединений с минимальной склонностью к свариванию с материалом заготовки
		наличие на поверхности контакта твердых элементов	увеличение твердости поверхности
IV	поверхности контакта с расплавленным металлом литейной оснастки (теплонагруженные)	тепловое нагружение	создание на рабочей поверхности теплоизолирующего слоя из химических элементов и соединений с минимальной склонностью к свариванию с расплавом
		химическое взаимодействие с расплавом металла	
<b><i>II - Поверхности, контактирующие с неметаллическими материалами</i></b>			
V	рабочие поверхности деталей и инструментов, контактирующие с абразивной средой	силовое нагружение	увеличение твердости поверхности
		относительное перемещение абразивной массы и рабочей поверхности детали или инструмента	

VI	рабочие поверхности деталей и инструментов, контактирующие с неметаллическими материалами (трение, резание, давление)	силовое нагружение	увеличение твердости поверхности
		наличие на поверхности контакта твердых элементов	
		тепловое нагружение	создание на рабочих поверхностях слоя с теплоизолирующими свойствами
		наличие на поверхности контакта химически активных веществ	создание на рабочих поверхностях коррозионностойкого слоя
<b><i>III - Поверхности, контактирующие с жидкостями и газами</i></b>			
VII	рабочие поверхности деталей, контактирующие с жидкостями, в т.ч. агрессивными	кавитационное действие	увеличение твердости поверхности
		воздействие химически активными веществами	создание на рабочих поверхностях коррозионностойкого слоя
VIII	рабочие поверхности деталей, контактирующих с потоками газов, в т.ч. при высокой температуре	эрозионное действие влаги	увеличение твердости поверхности
			создание на рабочих поверхностях коррозионностойкого слоя
		тепловое нагружение	создание на рабочей поверхности защитного слоя с теплоизолирующими свойствами
		абразивное действие твердых элементов	увеличение твердости поверхности

**I класс объектов.** К этому классу отнесем детали с рабочими поверхностями, определяющими их ресурс, в силовом отношении условно названные ма-лонагруженными ( $p < 0,2\sigma_s$ , где  $p$  – давление,  $\sigma_s$  – предел текучести). К ним отнесем преимущественно поверхности скольжения пар трения различных механизмов и агрегатов.

В процессе эксплуатации пар трения скольжения на контакте могут возникать на локальных участках давления, значительно превосходящие по значению среднее нагружение и вызывающие износ контактирующих поверхностей. Это связано с несколькими причинами: неоптимальная шероховатость поверхностей; вибрация; разрыв масляной пленки и др. Противостоять этому рекомендуется увеличением несущей способности поверхности за счет увеличения ее твердости и суммарной площади контактирующих участков пары трения.

На некотором этапе в процессе трения в условиях отсутствия или ограниченной смазки становятся заметными результаты адгезионного взаимодействия материалов пары трения, ведущие к схватыванию поверхностей, разрыву «мостиков схватывания» и износу поверхностей. Причинами адгезионного взаимодействия материалов могут являться разрыв окисных пленок на поверхности трения, химическое сродство контактирующих материалов, диффузионные процессы на контакте. Эффективным и проверенным приемом снижения адгезионных процессов является создание пары трения с рабочими поверхностями из химических элементов и соединений с минимальной взаимной склонностью к свариванию.

Наличие на контакте пары трения твердых элементов (продукты износа или твердые включения в смазке) также способствует разрушению трущихся поверхностей. Увеличением твердости рабочих поверхностей снижают износ трущейся пары.

Еще одним фактором, инициирующим износ трущихся поверхностей, является наличие на поверхности контакта химически активных веществ, включающих кислород, водород и другие химические элементы, реагирующие с элементами материалов пары трения и их разрушающие (окислительное, водородное изнашивание и проч.). Препятствует этому созданию рабочих поверхностей пары трения из химических элементов и соединений, пассивных по отношению к веществам, находящимся на контакте.

Многие пары трения работают в условиях вращения, когда поверхности испытывают знакопеременное силовое нагружение. Это ведет к появлению и росту в поверхностном слое детали типа «вал», «ось» растягивающих напряжений, накоплению в поверхностном слое дефектов и возникновению трещин, что в итоге может привести к разрушению вала. Создание в поверхностном слое остаточных напряжений сжатия известными методами поверхностно-пластической деформации препятствует появлению и развитию трещин.

**II класс объектов.** Сюда отнесем детали с рабочими поверхностями, условно названные средненагруженными. Нагрузка на них выше, чем у основной массы пар трения скольжения, но ниже чем у инструментов для обработки металлов резанием или давлением и обычно не превышает значения  $0,5 \sigma_s$ . Это поверхности неподвижных соединений - посадочные поверхности под подшипники качения и т.п. – деталей типа «вал», «ось» (наружные) и типа «корпус» (внутренние).

Такие поверхности при эксплуатации подвержены силовому нагружению ответной деталью, ее циклическим микроперемещениям, на поверхности контакта могут присутствовать твердые элементы (к примеру, продукты эрозии).

Действие силового нагружения компенсируется увеличением несущей способности поверхности за счет повышения ее суммарной площади контактирующих участков деталей и твердости. Последнее препятствует также разрушающему действию твердых элементов, присутствующих на контакте. Разрушению поверхности из-за циклического микроперемещения обратной детали, вызывающего фреттинг, препятствует наличие на поверхности контакта смазки, мягкого покрытия (медь, свинец, олово и проч.) или создание на рабочей поверхности детали остаточных напряжений сжатия.

**III класс объектов.** Этот класс объединяет наиболее нагруженные в силовом отношении объекты – инструменты для обработки металлов и сплавов резанием (черновой и точноразмерной обработки) и давлением (холодной и горячей прокатки и штамповки, прессования, волочения) - названные условно высоконагруженными ( $p > \sigma_s$ ). Нагрузка на контакте рабочей поверхности с заготовкой обычно существенно превышает предел текучести материала заготовки.

Ограниченные по площади участки рабочих поверхностей этих объектов подвергаются воздействию комплекса разрушающих факторов, в т.ч.: силовому и тепловому нагружению; имеется относительное перемещение заготовки и инструмента; происходят процессы адгезионного взаимодействия материалов заготовки и инструмента; на поверхности контакта могут присутствовать твердые элементы.

Высокому силовому нагружению рекомендуется противодействовать увеличением твердости поверхности и оптимизацией ее рельефа. Последняя связана с заменой рельефа из совокупности протяженных выступов на рельеф из совокупности выступов ограниченной длины [5]. Такой рельеф особенно эффективен при относительном перемещении материалов инструмента и заготовки в условиях пластического состояния последней. Увеличение твердости рабочей поверхности инструмента препятствует также разрушающему действию твердых элементов, присутствующих на контакте.

Для защиты от теплового воздействия на рабочей поверхности инструмента создают слой с теплопроводностью, существенно отличающейся от материала заготовки [5]. Если теплопроводность материала заготовки низкая, на поверхность инструмента наносится покрытие с высокой теплопроводностью; это позволяет рассредоточить тепло по поверхности контакта. Если же теплопроводность материала заготовки относительно высокая по отношению к материалу инструмента, то рекомендуется покрытию придать свойства теплоизолятора; в этом случае тепло будет отводиться в материал заготовки.

Противодействие адгезионному взаимодействию материалов заготовки и инструмента осуществляется, как и для менее нагруженных объектов, созданием на рабочей поверхности инструмента слоя из химических элементов и соединений с минимальной склонностью к свариванию с материалом заготовки.

**IV класс объектов.** В указанный класс включены теплонагруженные объекты (литейная оснастка), рабочие поверхности которых в процессе эксплуатации подвергаются длительному воздействию очень высоких температур расплавленных металлов – чугуна, меди, никеля, титана и проч. В этих условиях происходит обеднение легирующими элементами поверхностного слоя изложницы

(или литейной формы), утрата вследствие этого рабочей поверхностью защитных свойств, повышенное химическое взаимодействие материалов литейной оснастки и расплава и разрушение отдельных участков ее рабочей поверхности при отделении отливки.

Увеличение ресурса таких объектов достигается за счет создания на рабочей поверхности слоя из химических элементов и соединений с минимальной склонностью к свариванию с расплавом.

**V класс объектов.** Он объединяет различные детали и инструменты, рабочие поверхности которых изнашиваются вследствие воздействия на них абразивной среды. Это инструменты толщиной до 8-10 мм почвообрабатывающих органов (лапы культиваторов, диски сошников и др.), пластины бетономешалок, штрипсы для резки камня, детали (конуса, ниппели и др.) бурильного оборудования, детали прессформ для производства строительных элементов (кирпича, блоков), для производства абразивных кругов и проч.

Эффективным средством увеличения износостойкости таких объектов является создание поверхностного слоя повышенной твердости.

**VI класс объектов.** Это детали и инструменты, в т.ч. технологическая оснастка, рабочие поверхности которых находятся в контакте с неметаллическими материалами растительного (древесина, бумага, стебли растений, овощи и фрукты), животного (мясо, кожа, шерсть), а также искусственного происхождения (резина, пластмассы). В зависимости от функций, которые выполняют объекты этого класса (трение, резание, давление), и условий эксплуатации рабочие поверхности их подвержены воздействию одного или нескольких основных следующих факторов, вызывающих износ: 1) силовое нагружение, 2) тепловое нагружение, 3) наличие на поверхности контакта химически активных веществ, 4) наличие на поверхности контакта твердых элементов.

Подобно объектам приведенных выше классов, но с определенными технологическими особенностями, противодействие этим разрушающим факторам осуществляется следующими путями: 1-й и 4-й факторы - увеличением твердости поверхности; 2-й фактор - созданием на рабочих поверхностях слоя с теплоизолирующими свойствами; 3-й фактор - созданием на рабочих поверхностях слоя из химических элементов и соединений, пассивных по отношению к веществам, находящимся на контакте.

**VII класс объектов.** Это изделия разного назначения (лопасти гидротурбин, гребные винты, детали водяных насосов, запорной аппаратуры, трубопроводов и проч.), поверхности которых контактируют с жидкостями, обладающими агрессивными свойствами по отношению к материалам этих изделий. На ответственных поверхностях таких деталей протекают процессы коррозии, при трении о металл жидкости происходит эрозия отлагающихся на металле продуктов коррозии. Кроме того, поверхности подвергаются кавитации (гидравлическим ударам).

Противодействие этим факторам эффективно созданием на рабочих поверхностях коррозионностойкого слоя и увеличением твердости поверхности.

**VIII класс объектов.** К данному классу отнесем различные детали, которые подвержены при нормальной и высокой температурах воздействию потоков газов, обладающих агрессивными свойствами по отношению к материалам этих деталей - турбинные лопатки, лопасти вентиляторов дымососов и проч.). Кроме указанных разрушающих факторов, на рабочие поверхности воздействуют также капли жидкости и твердые элементы в виде пыли, присутствующие часто в газовом потоке. В результате происходит эрозийное, коррозионное и абразивное разрушение элементов детали.

Увеличение износостойкости и ресурса таких объектов достигается путем создания на рабочих поверхностях защитного коррозионностойкого слоя повышенной твердости и теплоизолирующими свойствами.

Обратим внимание, что электроискровые покрытия эффективны, как правило, при максимальном износе рабочих поверхностей объектов, когда они утрачивают работоспособность (таблица 2), не превышающем 1,0 мм. Эффективность электроискровой обработки резко снижается при обработке объектов с допустимым износом значительно большего значения.

Проанализируем технологические особенности электроискровой обработки объектов приведенной классификации. Принципиальное различие в технологии обработки заключается в выборе материала электрода, энергетического режима формирования покрытия (энергия искровых импульсов), удельной продолжительности электроискровой обработки и последующей обработке поверхности (таблица 3).

Таблица 3 – Технологические особенности электроискровой обработки различных объектов из сталей и сплавов на основе железа

Условный № классов объектов (согл. табл.2)	Рациональные материалы электродов	Энергия импульсов, Дж	Удельное время обработки, мин/см <sup>2</sup>	Толщина нанесенного слоя покрытия, мкм	Последующая обработка (варианты)
<b><i>I – Поверхности, контактирующие с металлами</i></b>					
I – мало-нагруженные (p<0,2σ <sub>s</sub> )	<i>Наружные поверхности вращения стальных деталей – упрочнение новых (У)</i>				
	Твердые сплавы + Cu (Pb, Sn), графиты **, легированные и инструментальные стали (65Г, ШХ15, Р6М5 и др.), Мо, Cr *	0,1-0,4	0,8-2,0	30-100	ППД (алмазное выглаживание, обкатка роликом или шариком); шлифовка; доводка притиром
	<i>То же – восстановление изношенных поверхностей (В)</i>				
	Твердые сплавы + Cu (Pb, Sn), легированные и инструментальные стали (65Г, ШХ15, Р6М5 и др.), Cr, FeCr *	0,1-1,2	0,5-2,0	30-200	ППД (или шлифовка) + доводка притиранием по сопряженной детали

	<i>Внутренние поверхности вращения стальных и чугуновых деталей - У</i>				
	Графиты, Мо, Сг, Сu, твердые сплавы + Сu (Pb, Sn), FeCr *	0,1-0,4	0,8-2,0	20-80	ППД (раскатка или дорнование); развертывание; хонингование
	<i>То же – В</i>				
	Сг, FeCr, твердые сплавы или легированные и инструментальные стали + Сu (Pb, Sn) *	0,3-1,2	0,5-1,5	20-150	ППД (или развертывание или хонингование) + доводка притиранием по сопряженной детали
II – средне-нагруженные ( $0,2\sigma_s < p < 0,5\sigma_s$ )	<i>Наружные поверхности вращения стальных деталей – В</i>				
	Легированные и инструментальные стали (65Г, ШХ15, Р6М5 и др.) или твердые сплавы + Сu	0,1-2,5	0,4-2,0	30-300	Без обработки; ППД; шлифование
	<i>Внутренние поверхности вращения стальных и чугуновых деталей - В</i>				
	Сu, твердые сплавы или чугуны + Сu	0,1-2,5	0,4-2,0	30-250	Без обработки; калибрование

III – высоко-нагруженные ( $\rho > 0,5\sigma_s$ )	<i>Металлообработка: чистовое резание, тонколистовая штамповка, холодное прессование - У</i>				
	Графиты, твердые сплавы (типа ВК, ТК, ТТК, СТИМ), медь	0,05-0,2	1,7-3,0	10-30	Без обработки; доводка алмазным инструментом
	<i>Металлообработка: черновое резание, толстолистовая штамповка, прокатка - У</i>				
	Графиты, твердые сплавы, в т.ч. + медь	0,3-1,5	0,5-1,5	50-150	Без обработки; обработка ЭИЛ на более мягком режиме
	<i>Металлообработка: горячая штамповка (облой) - У</i>				
	Легкозаполняемые участки гравюры, в т.ч. облойный мостик				
	Твердые сплавы	0,3-3,0	0,3-1,5	50-250	Без обработки
	Труднозаполняемые участки гравюры				
	Графиты	0,1-0,3	1,5-2,0	10-20	Без обработки
IV - теплонагруженные	<i>Металлообработка: литейная оснастка - У</i>				
	Жаростойкие сплавы на основе Si, Al, твердые сплавы	0,4-1,2	0,5-0,8	50-100	Без обработки
<b>II – Поверхности, контактирующие с неметаллическими материалами</b>					
V	<i>Поверхности, контактирующие с абразивной средой - У</i>				
	<i>а) безразмерная обработка</i>				
	Твердые сплавы	1,2-8,0	0,2-0,5	200-1000	Без обработки
	<i>б) точноразмерная обработка (прессформы)</i>				
	Твердые сплавы, графиты	0,4-1,2	0,5-0,8	50-200	Без обработки; обработка ЭИЛ на более мягком режиме

VI	<i>Поверхности, контактирующие с неметаллами растительного, животного и искусственного происхождения - У</i>				
	<i>а) трение скольжения</i>				
	Графиты; твердые сплавы + медь	0,05-0,4	0,8-3,0	10-50	ППД; абразивная доводка
	<i>б) обработка резанием</i>				
	Твердые сплавы, графиты	0,1-0,4	0,8-2,0	30-100	Без обработки
	<i>в) обработка давлением: прессформы для пластмасс, резины</i>				
Твердые сплавы, графиты	0,1-0,4	0,8-2,0	30-100	Доводка алмазным инструментом	
<b>III – Поверхности, контактирующие с газами и жидкостями</b>					
VII	<i>Поверхности деталей, находящиеся под воздействием агрессивных жидкостей - У</i>				
	Al, Ni, Cr, Mo, FeCr, FeV, сплав Т15К6	0,4-6,0	0,1-0,8	50-500	Без обработки
VIII	<i>Поверхности деталей, находящиеся под воздействием агрессивных газов, в т.ч. при повышенных температурах и наличии твердых частиц - У</i>				
	Сплавы типа ВЖЛ, твердые сплавы, стеллит	0,4-1,2	0,5-0,8	50-200	Без обработки

Условные обозначения: У – упрочнение; В – восстановление.

\* - при обработке поверхностей соединений трения скольжения и рабочих поверхностей инструментов металлообработки необходимо подбором электродных материалов обеспечить различие покрытий (поверхностных слоев) по химическому составу и физико-механическим свойствам относительно материала контртела.

\*\* - при обработке графитом на мягких электрических режимах размер детали не изменяется.

Примечание: указанные значения технологических параметров и толщины нанесенного слоя покрытий реализованы при использовании установок типа «ЭФИ», «Элитрон», «БИГ», «Вестрон», «Алиер».

Применительно к объектам из сталей и сплавов на основе железа выбраны из всего многообразия токопроводящих материалов легированные и инструментальные стали (65Г, ШХ15, Р6М5 и др.), твердые сплавы типа ТК, ТТК, ВК, СТИМ, графиты, ферросплавы, жаростойкие сплавы, чистые металлы Al, Ni, Cr, Mo, Cu и др., которые успешно используются при упрочняющей обработке поверхностей и восстановлении размеров изношенных деталей. Их выбор основан на возможности получения достаточно качественных покрытий с хорошими эксплуатационными характеристиками, доступности этих материалов. На практике правильным подбором электродных материалов и их композиций удастся не только улучшить эксплуатационные свойства поверхности, но и обеспечить более благоприятные условия ее работы в контакте с другой деталью.

Как следует из таблицы 3, широкая область применения ЭИЛ обеспечивается электрическими режимами с энергией импульсов от 0,05 до 8 Дж. Указанный диапазон режимов позволяет по обычной технологии наносить покрытия толщиной до 1 – 1,5 мм (по наиболее выступающим частям). Видно, что решение разных задач с помощью электроискровых покрытий требует применения своего диапазона режимов.

Указанное касается работы в ручном режиме одним электродом. Механизированная многоэлектродная обработка ЭИЛ требует применения более мощных электрических режимов

Приведенные в таблице 3 значения удельного времени электроискровой обработки соответствуют отмеченным электрическим режимам. Для мягких режимов оно должно быть не менее 3 мин/см<sup>2</sup>, для жестких – 0,1 – 0,2 мин/см<sup>2</sup>.

Важным элементом технологии упрочняющей или восстанавливающей электроискровой обработки является последующее воздействие на обработанную поверхность. В ряде технологий (см. таблицу) такая обработка не требуется. В то же время, когда предъявляются повышенные требования к обработанной поверхности в отношении точности размера, качества поверхности, напряженного состояния, выполняются по назначению различные виды дополнительной обработки: шлифование, доводка алмазным инструментом, поверхностно-пластическое деформирование (алмазное выглаживание, обкатка или раскатка, хонингование, притирка по сопряжен-

ной детали, вторичная обработка ЭИЛ на более мягком электрическом режиме или комбинация этих видов обработки).

В заключение отметим, что реализация указанных основных принципов увеличения износостойкости и ресурса эффективна при соразмерности толщины упрочняющих и защитных покрытий с величиной критического износа объектов электроискровой обработки; увеличение ресурса осуществляется также повторным нанесением таких покрытий.

#### Список использованных источников

1. Иванов, Г.П. Технология электроискрового упрочнения инструмента и деталей машин. – М.: Машгиз, 1961. – 302 с.
2. Гитлевич А.Е., Михайлов В.В., Парканский Н.Я., Ревуцкий В.М. Электроискровое легирование металлических поверхностей. - Кишинев: Штиинца, 1985. – 196 с.
3. Верхотуров, А.Д. Технология электроискрового легирования металлических поверхностей. Киев: Техника, 1982. – 182 с.
4. Электроискровые технологии восстановления и упрочнения деталей машин и инструментов (теория и практика) / МГУ им. Н.П.Огарева и др.; Ф.Х. Бурумкулов, П.П. Лезин, П.В. Сенин, В.И. Иванов, С.А. Величко, П.А. Ионов. – Саранск: тип. «Красный Октябрь», 2003. – 504 с.
5. Иванов В.И. Повышение ресурса разделительных штампов путем упрочнения и восстановления их электроискровым способом: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саранск, 2000. – 18 с.

**Abstract.** Self-propagating high temperature synthesis (SHS) - one of the most promising areas for new materials, including coatings. The process itself is an exothermic reaction in which heat is concentrated in a particular area. This article describes obtaining new wear-resistant coatings, with the initiation of high frequency currents parts heating SHS process (RF-heating). The results of testing the durability of the obtained samples.

**Keywords.** RF-heating, SHS process, XTO, wear resistance, hardness.

УДК 621.88

**Калиниченко М.Л.**, аспирант,  
**Зелезей А.Е.**, инженер  
*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **АСПЕКТЫ НАДЕЖНОСТИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПРИ РЕМОНТЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы надежности клеевых соединений, применяемых при ремонте сельскохозяйственной техники, прогнозирования сроков службы клеевых материалов, приведены данные по прочностным характеристикам склеенных материалов на основе конструкционных углеродистых и легированных сталей.*

### **Введение**

При выходе техники на полевые работы и удаления от баз обслуживания и ремонта, остро стоит вопрос проведения небольших срочных ремонтов при отсутствии специального оборудования. Для решения данной задачи могут быть использованы клеевые соединения, обладающие высокой мобильностью, и не требующие подготовки квалифицированных специалистов. Для ремонтных работ были предложены адгезивы компании 3М (США): универсальный клей DP 8805NS, подходящий для любых типов фиксации, втулочных фиксаторов и соединителей типа RT38, TL43; ленты на металлической основе (с или без армирующей структуры), типа 4411G, 425, 363. Применение каждого продукта прямо пропорционально условиям его эксплуатации (вид техники, места эксплуатации, нагружающие параметры). Как результат, для обеспечения качественного соединения необходимы оптимальная подборка адгезивов для различных типов ремонтируемых деталей. Для реализации поставленной задачи и выбора используемого адгезива необходимо уделить большое внимание аспектам надежности клеевых соединений и прогнозирование их свойств.

### **Основная часть**

Области применения клеев очень разнообразны и также многообразны теоретические подходы к установлению критериев, опре-

деляющих целесообразность склеивания [1]. Применение клеящих материалов при ремонте сельскохозяйственной техники рационально при соединении разнородных материалов; склеивании многослойных конструкций; креплении листовых материалов; приклеивании усиливающих элементов конструкции; конструктивном склеивании; вклеивании пробок, втулок, шпилек, создании соединений типа вал-ступица; герметизации агрегатов; временном креплении конструкций. Целью их использования является получение надежного и прочного соединения в течение короткого периода времени вместо других средств сборки [2].

Важнейшими характеристиками свойств клеевых соединений являются показатели надежности. В отличие от традиционных соединений, выполняемых из металлов, пластмасс, керамики и других материалов, адгезионные соединения обладают специфическими свойствами, наличие которых требует разработки специальных методов оценки надежности клеевых соединений. В данных соединениях использование даже одного типа клея может реализовать дефекты различной физической природы, описываемые различающимися в зависимости от сочетания факторов внешнего воздействия, длительности их действия, отклонениями в технологии изготовления и пр. Напряженное состояние в клеевых прослойках даже в случаях простейших соединений, например, внахлестку или встык, существенно неоднородно. Эта особенность клеевых соединений связана с влиянием масштабного фактора, краевых эффектов, концентраторов напряжений, наличием пограничных слоев и многочисленными другими факторами. При решении задач обеспечения долговечности на определенный период времени используется понятие «отказ», что означает нарушение работоспособности объекта при котором система или элемент перестают выполнять свои функции целиком или частично. Хотя отказ и является одним из базовых в теории надежности, он очень редко применяется в технологии склеивания.

Соответствующие изменения свойств клеевого соединения с течением времени вызывают деградацию соединения, которая может проявляться в виде старения, накопления повреждений, изменения структуры, появления трещин, расслоения адгезива и

др. Деградация свойств адгезива может происходить и по причинам насыщения влагой, маслами, топливом, что также приводит к ухудшению качества клеевого соединения [1].

Клеевые соединения со временем изменяются, однако причины, по которым это происходит, неизвестны, как и точное время, когда произойдет разрушение [1 – 3]. В результате возникают вопросы прогнозирования их долговечности.

К показателям, которые позволяют количественно оценить сроки службы изделий, относятся: вероятность безотказной работы и ресурс (срок службы до отказа). Возможны два вида прогнозирования отказов: первый вид - приблизительный, второй – точный [1]. Приблизительное прогнозирование выполняют, как правило, только на основании собственного опыта, имеющегося при разработке (или эксплуатации) аналогичных клеевых конструкций. В основе таких прогнозов лежит методика использования коэффициентов, с помощью которых определяют, в каких соотношениях находятся между собой ускоренные и реальные условия эксплуатации. Точное прогнозирование основано на знании точных значений скорости изменения свойств клеевых соединений. Методика экспериментальных исследований в этом случае, основана на использовании нескольких режимов ускоренного старения.

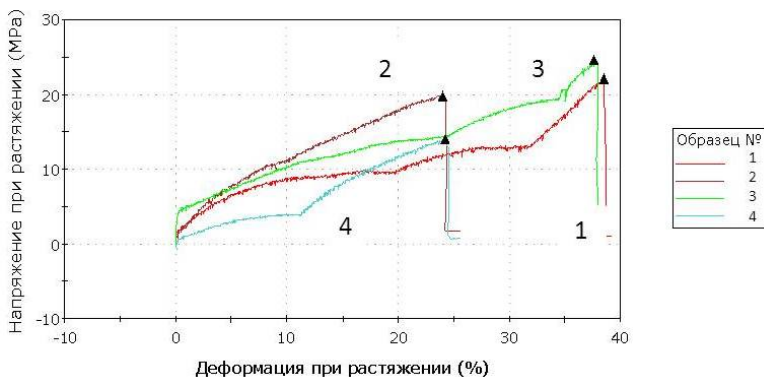
Рассматривая разрушение клеевых соединений или наличие дефектов клеевого материала или соединения, в качестве критерия отказа, можно подойти к управлению долговечностью клеесборных конструкций и причинам образования дефектов.

Известно [1 – 3], что эти причины можно разделить на три группы: первая относится к ошибкам, возникающим при проектировании конструкции, вторая связана с технологией, третья - с неправильно выбранными условиями эксплуатации. Первая группа факторов оказывает влияние на скорость распространения трещин, тогда как вторая и третья группы факторов относятся к причинам, по которым происходит возникновение дефектов клеевого соединения.

Задачи прогнозирования решаются на всех этапах: составления технических требований, которые должны включать подробный перечень условий эксплуатации, в том числе и внештатные,

экстремальные случаи; создания клея, способного удовлетворить большую часть технических требований и разработку оптимальной технологии склеивания; выбора средств контроля материалов и технологического процесса при обучении технического персонала; разработки технологических операций, способных обеспечить качественное склеивание и воспроизводимость результатов.

Ремонт в полевых условиях должен отвечать критериям простоты, надежности и высокой скорости. В качестве объекта исследования были выбраны детали, не несущие большой нагрузки (крепежные втулки, не ходовые муфты) автотракторной техники, на основе широко распространенных сталей. Они являются неотъемлемыми деталями, поэтому было принято решение об их креплении с помощью самоустанавливающегося (в результате наличия в составе специальных шариков) клея DP 8805NS (3M, США). После достижения технологической твердости, исследуемые детали и образцы были подвергнуты разрывным нагрузкам (рисунок 1).



1 – ШХ15 - сталь 45 (без обработки); 2 – ШХ15 - сталь 45 (после дробеструйной обработки); 3 – ШХ15-ШХ15 (без обработки); 4 – ШХ15- ШХ15 (после дробеструйной обработки).

Рисунок 1 – Прочностные испытания на разрыв стальных образцов, склеенных клеем DP 8805.

По результатам испытания образцов было выявлено, что наиболее высокие прочностные характеристики показывают образцы на основе стали ШХ15 (предел прочности 24,55 МПа) и их сочетание со сталью 45 (22 МПа). Применение дробеструйной обработки для

исследуемых клеенных образцов уменьшило значение предела прочности до 13,9 МПа и 19,82 МПа соответственно. Полученный результат служит подтверждением, что рассматриваемый клей может наноситься на ремонтируемые сочленения без дополнительной подготовки. В тоже время необходимо отметить незначительное увеличение прочностных свойств в отношении стали 45 при наличии дробеструйной обработки. Данный аспект может объясняться, как наименьшим количеством легирующих элементов в материале основы, которые могут взаимодействовать с адгезивом.

### **Заключение**

На основе проведенных экспериментов было выявлено, что современные клеевые соединения с достаточно высокой степенью надежности могут быть использованы для крепления стальных конструкций машин и оборудования. Их можно применять при долгосрочном ремонте слабонагруженных узлов (панелей обшивки) и жестко фиксируемых узлов (вал-втулка), так и при краткосрочном ремонте, для обеспечения самостоятельного движения сельскохозяйственной техники к месту капитального ремонта тяжело нагруженных соединений.

### **Список использованной литературы**

1. Ж.-Ж. Вильнав. Клеевые соединения. Перевод с французского Л.В. Синегубовой. – М.: Техносфера, 2007. – 385с.
2. Склеивание в машиностроении. Справочник в 2 томах. Т.1 / Д. А. Аронович, В. П. Варламов, В. А Войтович и др.; Под общ. ред. Г. В. Малышевой. – М.: Наука и технологии, 2005. – 544с.
3. Г. Эпштейн. Склеивание металлов. Авторизованный перевод с английского канд. техн. наук Б.И. Паншина. Под общей редакцией А.Т. Туманова. М.: Государственное издательство оборонной промышленности. 1956. – 212 с.

**Abstract.** In this paper are shown the questions of reliability of the adhesive joints used in the repair of agricultural machinery, and forecasting the service life of the adhesive materials, given some results on the strength characteristics of cemented materials based on normal and stainless steels.

УДК 669.01

**Капцевич В.М.**, доктор технических наук, профессор;

**Корнеева В.К.**, старший преподаватель;

**Богданович Т.А.**, студент

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

## **ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ФИЛЬТРУЮЩИМ МАТЕРИАЛАМ ПРИ ИХ ПРОЕКТИРОВАНИИ, ИЗГОТОВЛЕНИИ И ПРАКТИЧЕСКОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

***Аннотация.** В статье на основании литературных данных сформулированы требования, предъявляемые к фильтрующим материалам, выполнение которых на стадии проектирования позволит спрогнозировать структурные и гидродинамические свойства с оптимальным их сочетанием.*

Фильтрующие материалы (ФМ) относятся к классу пористых сред, характеризующихся наличием взаимосвязанной системы поровых каналов (пор). Процесс эксплуатации ФМ характеризуется наличием избыточного давления, прикладываемого к газу или жидкости, в результате чего последние, проходя по поровым каналам, очищаются, гомогенизируются, разделяются, смешиваются, распределяются (фильтры, смесители, глушители шума, аэраторы, огнепреградители и т. д.).

Одним из преимуществ порошковой металлургии является возможность изготовления ФМ, которые в зависимости от типа структурообразующих элементов и строения твердого каркаса можно разделить на три класса: порошковые (ПФМ), волоконные (ВФМ) и высокопористые ячеистые материалы (ВПЯМ).

Анализ многочисленных литературных источников [1 – 8] показывает, что основные требования, предъявляемые к ФМ при их разработке, изготовлении и практическом использовании сводятся к следующим.

1. ФМ должны обладать высокой проницаемостью (низким гидравлическим сопротивлением) при заданном размере пор и высокой тонкостью фильтрования. Очевидно, что чем выше проницаемость, тем более эффективно и рационально осуществляется исполь-

зование ФМ. В этом случае, например, при меньшей разности давлений может быть осуществлено пропускание необходимого количества фильтрата, возможно уменьшение габаритов ФМ, а, следовательно, снижение расхода материала на их изготовление, при сохранении тех же габаритов возрастает срок службы ФМ. Для оценки оптимального сочетания коэффициента проницаемости  $k$  и размеров пор  $d_{\text{п}}$  используется параметр эффективности  $E_1$  [1, 4, 6]:

$$E_1 = \sqrt{k}/d_{\text{п}}.$$

В последнее время для оценки эффективности начали широко использовать коэффициент  $E_1^2$ , названный безразмерной проницаемостью [9]:

$$E_1^2 = k/d_{\text{п}}^2.$$

Чем больше  $E_1$  и  $E_1^2$  ФМ, тем большей проницаемостью при заданной тонкости фильтрования они обладают, обеспечивая при одних и тех же габаритах ФМ более высокую производительность.

Повышение проницаемости ФМ авторы [7] связывают со снижением энергозатрат  $\mathcal{E}$  на проведение процесса фильтрования. Эти энергозатраты они характеризуют функцией, обратно пропорциональной коэффициенту проницаемости  $k$ :

$$\mathcal{E} = f(1/k). \quad (1)$$

Из выражения (1) следует: чем больше значение коэффициента проницаемости  $k$ , тем ниже энергозатраты  $\mathcal{E}$ .

2. При создании ФМ необходимо стремиться обеспечить равномерное распределение пор по всей поверхности фильтрования. Выполнение этого требования обеспечивает и гарантирует эффективное улавливание всеми порами частиц загрязнений требуемого размера, что повышает срок службы и грязеемкость ФМ. Авторы работы [4] непосредственно связывают равномерность порораспределения ФМ с его к.п.д.: чем выше равномерность порораспределения, тем выше к.п.д. ФМ. В работе [4] для оценки равномерности порораспределения предложен параметр

$$A = d_{\text{п ср}}/d_{\text{п max}},$$

где  $d_{\text{п ср}}$ ,  $d_{\text{п max}}$  – соответственно средний и максимальный диаметр пор.

3. ФМ должны обладать высокой задерживающей способностью, т. е. обеспечивать задержание большего количества загрязне-

ний при сохранении высокой производительности и длительности эксплуатации. Авторы [7] предлагают характеризовать задерживающую способность ФМ параметром  $E$ :

$$E = \frac{C_n - C_k}{C_n} = 1 - \frac{C_k}{C_n}, \quad (2)$$

где  $C_n$  и  $C_k$  — содержание частиц загрязнений в очищаемой среде до и после прохождения через ФМ.

Осаждение частиц в пористом теле описывается экспериментально установленной зависимостью Ивасаки [10]:

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda C, \quad (3)$$

где  $C$  — концентрация частиц загрязнений,  $x$  — направление движения очищаемой жидкости или газа,  $m$ ,  $\lambda$  — коэффициент фильтрования,  $m^{-1}$ .

Используя зависимость (3) уравнение (2) может быть представлено в виде

$$E = 1 - \exp(-\lambda x_0), \quad (4)$$

где  $x_0$  — толщина ФМ,  $m$ .

Воспользовавшись данными приведенными в работе [11] для расчета коэффициента  $\lambda$  можно прогнозировать задерживающую способность ФМ и рассчитывать параметр  $E$ ; который изменяется от 1 до 0. Чем больше  $E$ , тем большей задерживающей способностью обладает ФМ.

Помимо требований обладать высокой задерживающей способностью ФМ должны обладать высокой производительностью или низким гидравлическим сопротивлением.

Для оценки оптимального сочетания этих двух требований, которые находятся в противоположной зависимости друг от друга, авторы [12] предлагают использовать коэффициент  $EF$ , названный ими эффективностью фильтра:

$$EF = -\ln \frac{C_k}{C_n} / \frac{\Delta P}{v_f \mu}, \quad (5)$$

где  $v_f$  — скорость фильтрации,  $\mu$  — динамическая вязкость очищаемой жидкости.

Если воспользоваться законом Дарси, согласно которому

$$v_{\phi} = \frac{k \Delta P}{\mu x_0},$$

то

$$\frac{\Delta P}{v_{\phi} \mu} = \frac{x_0}{k}. \quad (6)$$

Если воспользоваться выражениями (4) и (6), то коэффициент  $EF$  можно представить в виде:

$$EF = \lambda k. \quad (7)$$

4. ФМ должны обладать большим ресурсом работы и высокой грязеемкостью, и при этом обеспечивать требуемую тонкость и полноту фильтрования в течение всего процесса эксплуатации.

5. ФМ после выработки ресурса работы должны обладать способностью к многократной регенерации, восстанавливая при этом свои структурные, гидродинамические и фильтрующие свойства, а в случае однократного использования — к полной утилизации.

6. ФМ должны обладать необходимой механической прочностью, в т. ч. при воздействии знакопеременных и вибрационных нагрузок и не снижать их во всем рабочем диапазоне температур и давлений.

7. ФМ должны обладать высокой химической стабильностью по отношению к очищаемой среде, исключаящей разрушающее воздействие жидкости или газа на ФМ и изменение свойств очищаемой среды при контактировании с ФМ.

8. ФМ должны обладать требуемыми технологическими свойствами, обеспечивающими способность к механической обработке, сварке, обработке давлением, герметизации и другим операциям, необходимым при изготовлении изделий из них.

9. ФМ должны иметь невысокую стоимость и изготавливаться из недефицитного сырья. Авторы [7] оценивают ФМ по их относительной стоимости. Для ее оценки ими использовалась балльная система от 1 до 10. За 1 балл относительной стоимости принята стоимость бумаги, а за 10 баллов — стоимость керамических пористых сред. К последним могут быть отнесены ФМ, получаемые методами порошковой металлургии.

#### Список использованных источников

1. Витязь, П.А. Пористые порошковые материалы и изделия из них / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, В.К. Шелег. — Минск: Вышэй-

шая школа, 1987. – 164 с.

2. Белов, С.В. Пористые проницаемые материалы: справочник /С.В. Белов [и др.]. – Москва: Metallurgiya, 1987. – 333 с.

3. Витязь, П.А. Формирование структуры и свойств пористых порошковых материалов / П.А. Витязь [и др.]. – Москва: Metallurgiya, 1993. – 240 с.

4. Витязь, П.А. Фильтрующие материалы: свойства, области применения, технология изготовления / П.А. Витязь, В.М. Капцевич, Р.А. Кусин. – Минск: НИИ ПМ с ОП, 1999. – 304 с.

5. Hoffman, G. Eigenschaften und Anwendung Gesinterter, Korrosionsstandiger Filterwerkstoffe / G. Hoffman, L. Kapoor // Chemie-Ingenieur-Technic. – 1976. – №5. – P. 410-416.

6. Витязь, П.А. Эффективность спеченных проницаемых материалов различного назначения / П.А. Витязь, В.К. Шелег, В.М. Капцевич, В.М. Мазюк // Порошковая металлургия. – 1984. – Вып. 8. – С. 66-70.

7. Вегера, А.И. Сравнительный анализ отечественных и зарубежных фильтроматериалов / А.И. Вегера [и др.]. // Вести ПГУ, В – Прикладные науки. – Новополоцк: ПГУ, 2000. – С. 69-74.

8. Gregor, E.G. Filtration and Separation considerations in the selection of media for process application / E.G. Gregor // Advances in Filtration and Separation Technology. – Vol. 6. – 1992 – P. 29-33.

9. Stylianopoulos, T. Permeability calculations in three-dimensional isotropic and oriented fiber networks / T. Stylianopoulos T. [et al.]. // Physics of fluids. – 20. – 2008. – P. 123601-1-123601-10.

10. Iwasaki, T. Some notes on sand filtration / T. Iwasaki // Jour. AWWA. – 1937. – № 29. – P. 1591-1602.

11. Капцевич, В.М. Проницаемые материалы из металлических волокон: свойства, технологии изготовления, перспективы применения / В.М. Капцевич, А.Г. Косторнов, В.К. Корнеева, Р.А. Кусин. – Минск: БГАТУ, 2013. – 380 с.

12. Wang, Q. An Investigation of Aerosol Filtration via Fibrous Filters: diss. ... Doctor of Philosophy / Q. Wang. – Raleigh, North Carolina, 2007. – 181 p.

**Abstract.** In the article, based on the literature data, the requirements for filtering materials are designed, predictable, the structural and hydrodynamic properties with their optimal combination.

УДК 621.43

**Капцевич В.М.**,<sup>1</sup> доктор технических наук, профессор;

**Лисай Н.К.**,<sup>2</sup> кандидат технических наук, доцент;

**Чугаев П.С.**,<sup>1</sup> инженер;

**Закревский И.В.**,<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

## **ИСКРОГАСИТЕЛЬ ДЛЯ ВЫХЛОПНЫХ СИСТЕМ**

***Аннотация.** В работе рассмотрены функции искрогасителей и их классификация, предложена и апробирована новая конструкция универсального сетчатого искрогасителя.*

В 2016 году при проведении уборочной компании на полях Беларуси произошло около 50 случаев возгорания. От огня пострадала техника: 8 комбайнов и тракторов. Так, в августе 2016 г. при проведении зерноуборочных работ произошло возгорание комбайна ДОН-1500. Инцидент произошел около деревни Крупка Пуховичского района [1]. В результате возгорания повреждены кабина, моторный отсек комбайна и две тонны тритикале в бункере. Так же в августе 2016 г. произошло возгорание комбайна КЗР-10 при проведении сельскохозяйственных работ около деревни Александрово Дзержинского района Минской области [2]. В результате загорания повреждены кабина и два колеса.

По заявлениям Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь причинами пожаров является нарушение требований ТНПА [3]. С большой вероятностью можно предположить, что причинами возникновения этих пожаров могли быть отсутствие искрогасителя, либо его неисправность или неправильная эксплуатация.

Анализ пожаров, показывает [4], что создание чрезвычайных ситуаций начинается с образования искр в выхлопных газах автотранспортных средств. В большинстве случаев, образующиеся искры представляют собой твердые горящие частицы, движущиеся в газовом потоке, а в отдельных случаях — горящие капли жидкостей, например, моторных масел или топлив.

Причиной искрообразования в двигателях внутреннего сгорания автомобилей, тепловозов, сельскохозяйственных машин (тракторы,

комбайны, теплогенераторы и др.) является нагар, образующийся на внутренних стенках выпускной системы. Нагар представляет собой коксообразные отложения, состоящие из высококонденсированной органической части и зольного остатка от сгорания топлива и масла, и имеющихся в нем примесей. При сгорании бензина нагара образуется меньше, т. к. он содержит меньше тяжелых углеводородов, склонных к коксообразованию. Более активно нагар образуется при сгорании среднестиллятных топлив, содержащих асфальтены, в частности, дизельного топлива. В основном нагар представляет собой смесь карбенов и карбоидов — сажи (до 60%), асфальтенов (до 6%), смол, масла (до 30%) и золы (до 4%).

Анализируя причины, приводящие к возникновению искр можно сделать вывод, что искрогаситель является необходимым устройством защиты объектов хозяйствования, транспорта и энергетики.

Искрогаситель — устройство в виде лабиринта или циклона, устанавливаемое на выхлопных коллекторах различных транспортных средств, препятствующее уносу в атмосферу раскалённых частиц топлива и обеспечивающее улавливание, и тушение искр в продуктах горения, которые образуются при работе двигателей внутреннего сгорания.

Наиболее перспективным является искрогаситель, где в качестве искрогасящего элемента используются пакеты сетчатого материала [5]. Для повышения жаростойкости сетчатых пакетов, на проволочную основу методом алитирования [6] был нанесен слой жаростойкого материала. Данный материал обладает большей жаростойкостью, чем обычный сетчатый материал.

При проектировании искрогасителя следует учитывать, что оптимальный перепад давления  $\Delta P$  на системах глушения выхлопных газов находится в диапазоне от 15 до 60 кПа [7]. Следует отметить что установка искрогасителя приведет к увеличению этого перепада давления. Будем считать, что допустимый перепад давления  $\Delta P$  на искрогасителе не должен превышать 6 – 10 кПа.

Для определения перепада давления газа  $\Delta P$  в зависимости от площади сетчатого материала  $S$ , состоящего из одного пакета секток, в работе [8] было получено выражение:

$$\Delta P = \frac{27(l-d)^2 a \mu n V_{ц}}{ld^2 S}, \quad (1)$$

где:  $d$  – диаметр проволоки, м;  $l$  – шаг плетения, м;  $a$  – количество сеток в сетчатом пакете;  $n$  – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин;  $V_{ц}$  – объем цилиндра двигателя, м<sup>3</sup>;  $\mu$  – кинематическая вязкость, м<sup>2</sup>/с;  $S$  – площадь поверхности сетчатого пакета, м<sup>2</sup>.

Уравнение позволило установить взаимосвязь между перепадом давления и площадью пакета сеток искрогасителя в зависимости от диаметра проволоки и шага плетения сетчатого материала, а также характеристик двигателя: объема цилиндров двигателя и частоты вращения коленчатого вала.

При обосновании площади пакетов учитывали, что в процессе работы имеется вероятность частичной блокировки пор сетки сажистыми загрязнениями. В этой связи считаем необходимым дополнительно увеличить площадь пакетов в 4 – 6 раз. Тогда для обеспечения данного перепада давления (6 – 10 кПа) на искрогасителе необходимо выбрать площадь пакетов сеток, равной 72 – 80 см<sup>2</sup>.

На основании проведенных расчетов и лабораторных исследований разработана новая конструкция [9] и был изготовлен натурный образец сетчатого искрогасителя. Искрогаситель (рисунок) состоит из корпуса 1, входного 2 и выходного 3 патрубков, трех сетчатых пакетов 4, 5, 6, каждый из которых выполнен из трех сеток.

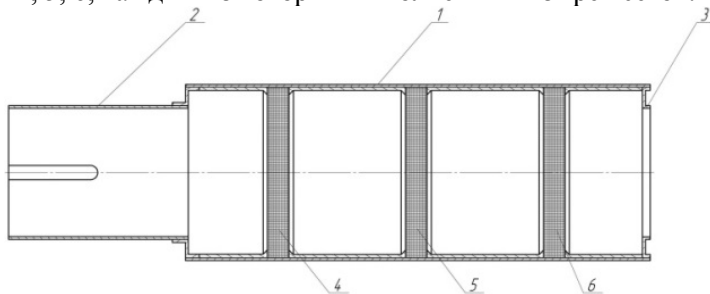


Рисунок – Схема натурного образца сетчатого искрогасителя  
1 – корпус; 2 – входной патрубок, 3 – выходной патрубок, 4, 5, 6 – сетчатые пакеты

Натурные испытания искрогасителей проводились в ГП «Мостовская сельхозтехника» Мостовского района Гродненской области. Особенность испытаний заключалась в проведении их на работающей мобильной сельскохозяйственной технике на сельскохозяйственных объектах.

Испытания подтвердили работоспособность искрогасителя в реальных условиях при работе мобильной сельскохозяйственной техники на сельскохозяйственных объектах. Искрогаситель обеспечил задержку и гашение искр и пламени в выхлопной системе двигателей внутреннего сгорания и при этом не снижает мощность двигателя транспортного средства.

Список использованной литературы

1. Режим доступа <http://sputnik.by/incidents/20160811/1024704464.html>. - Дата доступа 17.08.2016.
2. Режим доступа [http://mchs.gov.by/rus/main/ministry/regional\\_management/minobl/news\\_oblast/~page\\_\\_m22=1~news\\_\\_m22=92739](http://mchs.gov.by/rus/main/ministry/regional_management/minobl/news_oblast/~page__m22=1~news__m22=92739). - Дата доступа: 30.08.2016.
3. Режим доступа <http://www.ctv.by/po-sravneniyu-s-2015-godov-kolichestvo-pozharov-vo-vremya-zhatvy-v-belarusi-sokratilos-na-20> - Дата доступа 18.08.2016.
4. Таубкин, С.И. Пожар и взрыв, особенности их экспертизы / С.И. Таубкин. – М.: ВНИИПО, 1999. – 600 с.
5. Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организаций технического сервиса в АПК: материалы Международной научно-практической конференции Минск, 9 июня 2016г. / М-во с.х. и прод. Респ. Беларусь, РО «Белагроервис», УО «Белорус. гос. аграрн. техн. ун-т»; редкол.: Н.К. Лисай и [др.]. – Минск: БГАТУ, 2016. – 240с.
6. Рябов В.Р. Алитирование стали/ М.: Металлургия, 1973. 240 с.
7. Выхлопная система, глушители [Электронный ресурс] / авт. проекта Platform. - 2013. - Режим доступа: <http://dragonsraceclub.forum2x2.ru/t91-topic>. - Дата доступа: 21.01.2014.
8. Капцевич, В.М. Расчет сетчатого искрогасителя для двигателя внутреннего сгорания/, В.М. Капцевич, П.С. Чугаев, В.К. Корнеева, И.В. Закревский // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П. А. Костычева 2015. -№2. – С. 47-52.
9. Искрогаситель: пат. 10792 Республика Беларусь, МПК F 01N 3/06 / Капцевич В.М., Сигневич В.В., Булыга Д.М., Чугаев П.С., Лисай Н.К., Закревский И.В. - № и 20150122; заявл. 06.04.2015; опубл. 30.10.2015.

**Abstract.** The paper deals with the spark arrester function and classification, proposed and tested a new design of a universal mesh spark arrester.

УДК 631.173:658.5 (075.8)

**Мирутко В.В.**, кандидат технических наук, доцент;

**Сёмин Е.В.**, инженер;

**Вишневский Д.П.**, студент;

**Гуль А.С.**, студент,

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ПРОМЫВКИ СИСТЕМЫ СМАЗКИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ**

***Аннотация.** В настоящее время в сельском хозяйстве Республики Беларусь возникла проблема, связанная с быстрым и частым выходом из строя автотракторных двигателей, обусловленная загрязнением смазочной системы двигателя. Промывка системы смазки увеличивает срок службы пар трения не менее чем в два раза. В статье представлена усовершенствованная технологическая схема промывки системы смазки ДВС, обеспечивающая ее промывку при работающем и выключенном двигателе, и дает возможность удалять механические частицы из картера двигателя.*

Режимы смазки узлов и деталей ДВС более чем на 70 % определяют их долговечность, влияют на технико-экономические показатели, поэтому состояние масла, а также состояние системы смазки являются главными факторами, определяющими долговечность и экономичность ДВС.

Время, в течение которого моторное масло будет иметь заданные эксплуатационные качества, в значительной мере определяется наличием и концентрацией в нем различного рода загрязнителей. Процесс взаимодействия «загрязнитель–масло» сопровождается активными окислительными реакциями в объеме масла. Продуктами процесса окисления масел являются углеводородные образования в виде смол. Наличие смол в объеме масла, приведет к интенсивному засорению каналов системы смазки ДВС и, как следствие, ухудшению режимов смазки их деталей и узлов, а значит, к их ускоренному износу.

Таким образом, удаление твердых загрязнителей, а также смолистых отложений из каналов системы смазки ДВС позволит ликвидировать причины ускоренного износа их деталей, т.е. продлить срок службы двигателей. Как показали исследования, промывка системы смазки увеличивает срок службы пар трения не менее чем в два раза [1-3].

В настоящее время используется два основных способа промывки системы смазки ДВС:

1. Промывка системы смазки ДВС посредством специальной присадки, которая добавляется в старое масло.
2. Промывка специальным промывочным маслом.

Применяя первый способ, как правило, у такой присадки хорошие моющие свойства. Она отмывает загрязнения и отложения со стенок и деталей, однако функции выносящего грязь агента должно выполнить старое масло, которое на протяжении минимум 8–10 тысяч км пробега автомобиля смывало и растворяло в себе пагубные отложения и уже к моменту замены перенасытилось грязью, и большее ее количество растворить в себе не сможет. Также немаловажно отметить изрядную, практически максимальную, загрязненность фильтрующего элемента масляного фильтра. При работе присадки функции сохранения работающего двигателя (пусть даже в течение 5 минут) лежат на остатках старого масла, смешанного с активной промывкой. При этом немаловажен аспект реакции смешивания на химическом уровне. То есть возможность сохранения масляной пленки на трущихся парах работающего двигателя для такого «масла» не гарантирована. Данный способ промывки не обеспечивает полное удаление загрязнений с поддона двигателя.

Во втором способе промывки, как и в предыдущем, остается открытым вопрос, насколько хорошо может промывочное масло защитить различные участки двигателя в период работы от образования задиров и микротрещин. К недостаткам этого варианта промывки также можно отнести то, что фильтрация масла осуществляется за счет фильтра, который отработал свой срок.

Важным моментом в анализе двух вышеуказанных видов промывки системы смазки ДВС является невозможность вывода из системы смазки частиц по величине больших, чем ячейка сетки маслоприёмного патрубка масляного насоса. Эти частицы при

работе двигателя могут налипать на сетку маслоприёмника, тем самым затрудняя прохождение масла в систему смазки.

Для решения данной проблемы предлагается использовать установку для очистки системы смазки ДВС, принципиальная технологическая схема которой представлена на рисунке.

Установка предназначена для промывки систем смазки двигателей внутреннего сгорания от остатков отработавших масел, растворимых осадков, содержащихся в них продуктов износа и механических загрязнений. В качестве промывочной жидкости в соответствии с ТУ20574128–00600 используется масло индустриальное И20А.

Из бака, в котором размещены электронагреватель, датчик температуры и датчик уровня рабочей жидкости, качающий узел установки подает через фильтр тонкой очистки промывочную жидкость под давлением в напорную магистраль системы смазки обслуживаемого двигателя. Промывочная жидкость, проходя по каналам системы и стекая по внутренним полостям обслуживаемого агрегата, вымывает образовавшиеся в процессе эксплуатации растворимые остатки, содержащиеся в них продукты износа и механические примеси, остатки отработавших масел.

Откачивающий узел установки обеспечивает откачку промывочной жидкости из картера двигателя. В установке происходит трехступенчатая очистка промывочной жидкости с последующей ее подачей в обслуживаемый двигатель. Цикл повторяется до окончания процесса промывки. На первой ступени очистки установлен сетчатый фильтр. Его функциональное назначение – предотвращать попадание в качающий узел установки механических загрязнений размером более 1 мм. На второй ступени очистки установлен центробежный очиститель реактивного типа.

Повышение очистительной способности центробежного очистителя достигается форсированием скорости вращения его ротора, Это позволяет, не снижая надежности работы очистителя, достичь повышения «коэффициента разделения» системы «масло–загрязнитель».

До 85 % загрязнений задерживается на второй ступени очистки. Использование данного типа очистителя позволяет выделять из объема моющей жидкости твердые включения загрязнений размером до 5 мкм, а также загрязнители, находящиеся в жидкой фазе и отличающиеся по плотности от моющей жидкости.

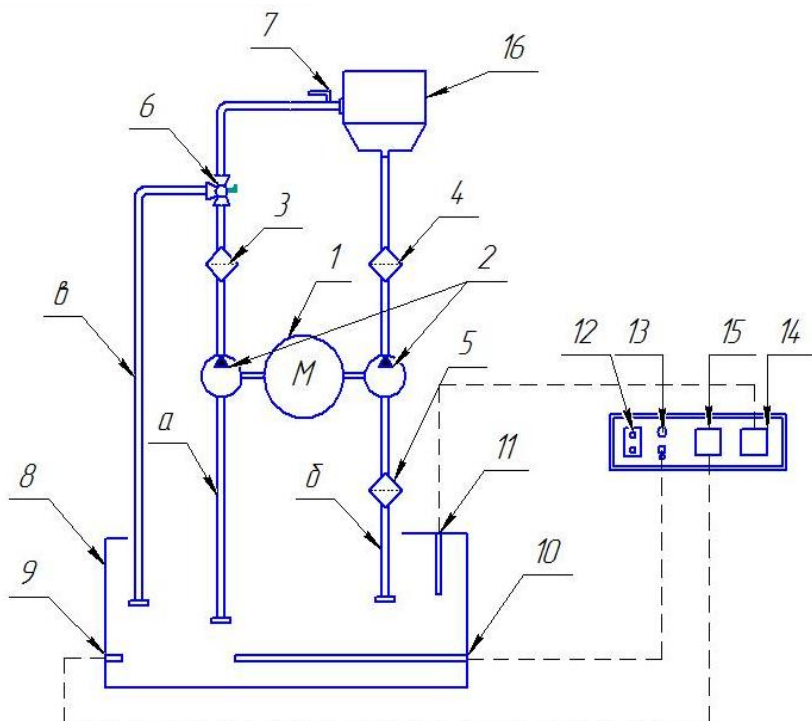


Рисунок – Технологическая схема установки по промывке системы смазки двигателя:

1-электродвигатель; 2-шестеренчатые насосы; 3-фильтр тонкой очистки; 4-фильтр грубой очистки; 5-центробежный фильтр; 6-кран; 7-переходник для подключения компрессора; 8- бак; 9-датчик температуры рабочей жидкости; 10-электронагреватель; 11-датчик уровня рабочей жидкости; 12- кнопка включения; 13- тумблер и сигнализатор включения электронагревателя; 14- указатель уровня рабочей жидкости; 15- указатель температуры рабочей жидкости; 16- ДВС; а- нагнетательная магистраль; б- откачивающая магистраль; в- сливная магистраль.

Третья ступень очистки выполняет функцию фильтра тонкой очистки. Таким образом, применение многоступенчатой системы очистки жидкости позволяет эффективно ее очищать и промывать масляную систему ДВС с высокой степенью очистки, а наличие насосного узла обеспечивает подачу промывочной жидкости под

номинальным давлением, что способствует качественной промывке масляной системы, и, как следствие, увеличению ресурса ДВС.

Безусловным преимуществом этого вида промывки является то, что она может быть осуществлена как при работающем двигателе, так и при выключенном, что практически снимает любой риск. Также следует отметить возможность удаления из поддона картера механических частиц, без его снятия. Данные частицы не могут быть растворены ни в моторном, ни в промывочном масле, и при классической схеме промывки остаются в поддоне. Для остановки установки, имеется регулировочный кран, который перенаправляет жидкость из напорной магистрали обратно в бак, в это время к нагнетательному контуру подключается компрессор, который с помощью давления сжатого воздуха удаляет остатки промывочной жидкости из системы ДВС, откачивающий узел проводит полную откачку масла из поддона, после чего останавливаем установку.

#### Список использованной литературы

1. Пименов, В.П. и др. Руководство по очистке, мойке и окраске машин и деталей. – М.: ГОСНИТИ 1988. – 64 с.
2. Батищев, А.Н. и др. Справочник мастера по техническому обслуживанию и ремонту машинно-тракторного парка. – М.: Академия, 2008. – 448 с.
3. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве. – М.: Академия, 2012. – 464 с.

**Abstract.** The application of the developed technological scheme of installation for flushing the lubrication system of the engine allows you to: clean the system from hydrocarbon formations, solid contaminants and wear products, clean the sump without his analysis. Thus increases the service life of parts and components of internal combustion engines, increase technical and economic indicators.

УДК 621.9.048.6

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

**Челединов А.Н.**, аспирант

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*

*г. Минск, Республика Беларусь*

## **КИНЕТИКА КАВИТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ**

***Аннотация.** Экспериментально изучена кинетика ультразвуковой очистки поверхности от слоя загрязнения с неоднородной по толщине структурой.*

В последние годы при производстве, ремонте и техническом обслуживании машин все более широкое применение получает ультразвуковая (УЗ) очистка поверхностей деталей от загрязнений. Загрязнения удаляются под действием акустической кавитации, которая возникает в моющей жидкости. Качество очистки, т.е. количество загрязнений, остающихся на поверхности детали после завершения очистки, зависит от разных факторов, из них основную роль играют активность кавитации и длительность очистки. В ряде работ экспериментально показано, что при постоянной активности кавитации качество очистки изменяется во времени нелинейным образом: сначала слой загрязнения удаляется сравнительно быстро, а затем все медленнее [1, 2]. Авторы этих работ предположили, что такое неравномерное развитие процесса очистки обусловлено неоднородной по толщине структурой слоя загрязнения, а именно: нижняя часть слоя, прилегающая к поверхности детали, обычно является более плотной и прочной, а потому в меньшей мере поддается удалению. Однако это предположение до сих пор не имело убедительного экспериментального подтверждения.

Целью данной статьи являлось экспериментальное изучение кинетики УЗ очистки поверхности от слоя модельного загрязнения, по толщине которого была специальным образом сформирована неоднородная структура.

Очистку проводили с помощью УЗ диспергатора (производство БГУИР, Беларусь), который работал на частоте 22 кГц при постоянной выходной мощности 38 Вт. Как следствие, активность кави-

тации также была постоянной. Волновод-инструмент был погружен в цилиндрический стеклянный сосуд диаметром 35 мм с водопроводной водой с начальной температурой 20°C. Уровень воды в сосуде составлял 70 мм. На дне сосуда была расположена пластмассовая платформа с нанесенным на нее слоем загрязнения. Излучающий диск волновода диаметром 15 мм размещался в центральной части объема воды на расстоянии 28 мм от платформы.

Слой загрязнения состоял из смеси глины и моторного масла 10W-40. Он имитировал наиболее распространенные – масляно-грязевые загрязнения, которые покрывают наружные поверхности многих деталей транспортных и сельскохозяйственных машин в реальных условиях эксплуатации. Толщина таких покрытий может достигать 10 мм [3]. Слой загрязнения в форме диска диаметром 15 мм наносили на платформу в ее центральной части посредством трафарета в виде пластмассовой пластинки с круглым отверстием. Слой состоял из трех разных по составу прослоек. Объемное отношение глины к маслу в нижней прослойке составляло 4:1, в средней – 3:1, в верхней – 2:1. Таким образом, нижняя прослойка, которая непосредственно контактировала с платформой, имела наибольшую плотность, а верхняя, ориентированная к излучателю, – наименьшую. Толщина каждой прослойки составляла 1 мм и, соответственно, всего слоя – 3 мм. Во время очистки диспергатор периодически отключали, после чего извлекали из воды платформу и измеряли среднюю толщину слоя загрязнения с помощью мерной линейки и лупы с точностью 0,2 мм.

Результаты измерений представлены на рисунке, откуда видно, что кривая зависимости  $h(t)$  имеет нелинейный характер, подобный тому, который отмечался в работах [1, 2]: сначала слой загрязнения удаляется быстро, а затем медленнее. При этом на кривой можно выделить три практически линейных участка, каждый из которых соответствует удалению разных прослоек. Быстрее, чем другие, удаляется верхняя, наименее плотная прослойка – приблизительно за 40 с. Время удаления средней прослойки около 60 с, нижней – около 80 с.

Таким образом, экспериментально установлено, что возможной причиной нелинейного характера удаления слоя загрязнения во время УЗ очистки (при условии постоянной активности кавитации) является неоднородная структура и, как следствие, неоднородная кавитационная стойкость загрязнения по толщине слоя.

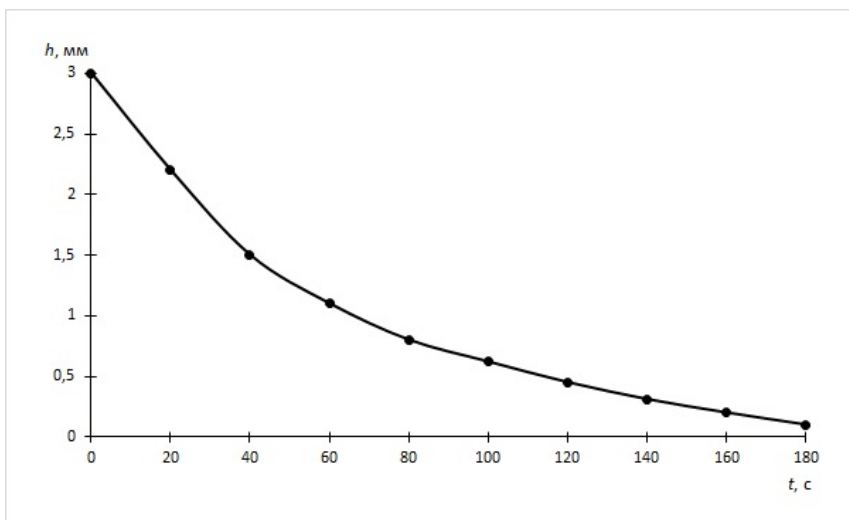


Рисунок – Зависимость толщины  $h$  слоя загрязнения с неоднородной структурой от длительности  $t$  УЗ обработки

Полученные результаты следует учитывать при выборе рациональных энергетических и временных режимов УЗ очистки деталей машин от загрязнений.

#### Список использованной литературы

1. Исследование и обоснование технологического процесса очистки деталей дизельной топливной аппаратуры моющими растворами в ультразвуковом поле (на примере распылителей форсунок) / Ю.Н. Мачалкин. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 2003. – 17 с.
2. Формирование эксплуатационных свойств деталей машин ультразвуковыми методами: монография / В.М. Приходько, И.А. Меделяев, Д.С. Фатюхин. – М.: МАДИ, 2015. – 264 с.
3. Ремонт машин. Технология, оборудование, организация: учебник / В.П. Иванов. – Новополюцк: ПГУ, 2006. – 468 с.

Abstract. The kinetics of ultrasonic cleaning of the surface from a layer of contamination with a non-uniform in thickness structure is experimentally studied.

УДК 621.9.048.6

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

**Челединов А.Н.**, аспирант

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

## **МЕХАНИЗМЫ КАВИТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ**

***Аннотация.** Экспериментально изучены процессы акустической кавитации. Рассмотрены механизмы кавитационной очистки.*

В последние годы для удаления разнообразных технологических и эксплуатационных загрязнений с поверхностей деталей машин при их производстве, ремонте и техническом обслуживании все шире применяется ультразвуковая (УЗ) очистка. В ее основе лежит акустическая кавитация, возникающая в моющей жидкости. Для совершенствования технологии УЗ очистки важно понимание закономерностей развития кавитации и особенностей ее влияния на удаление загрязнений. В данной статье рассмотрены возможные механизмы удаления загрязнений под действием кавитации.

Кавитация – это процесс образования в жидкости пузырьков, заполненных газом (паром) [1]. Различают два типа пузырьков по характеру поведения: захлопывающиеся и пульсирующие. Главную роль в удалении загрязнений играют захлопывающиеся пузырьки. Они создают микроударные волны, которые способны разрушать загрязнения, обладающие большой кавитационной стойкостью и прочно сцепленные с поверхностью (нагар, окалина, смолистые отложения). Эти волны вызывают локальные напряжения в слое загрязнения, которые распределяются в нем весьма неравномерно, что приводит к появлению в слое трещин и очагов эрозии и в итоге к его диспергированию. Кроме того, захлопывающиеся пузырьки порождают интенсивные микроструи, также способные разрушать загрязнения. Пульсирующие пузырьки играют меньшую роль в удалении загрязнений. В основном они разрушают загрязнения, обладающие малой кавитационной стойкостью и слабо сцепленные с поверхностью. Оказавшись под отслоившимся участком слоя загрязнения, они, совершая интенсивные колебания, приводят к разрыву слоя и его отделению от поверхности. Если загрязнение нане-

сено в виде тонкого непрочного слоя (например, грязевого), то они, перемещаясь по поверхности, приводят к его избирательному разрушению.

Одним из основных параметров УЗ очистки является активность кавитации, т.е. ее способность вызывать специфические эффекты, в данном случае – разрушать загрязнения. Варьируя активностью кавитации, можно управлять процессом очистки.

Активность кавитации определяется активностью единичных пузырьков, содержащихся в жидкости, и их общим количеством. Поскольку в активность кавитации вносят вклад пузырьки обоих типов: и захлопывающиеся, и пульсирующие, то представляется актуальным выяснение особенностей развития и тех, и других. До сих пор этот вопрос недостаточно изучен. Имеются предположения о возможности формирования в объеме кавитирующей жидкости обособленных участков, содержащих преимущественно пузырьки того, или иного типа и, соответственно, обладающих различной эрозионной активностью [2, 3]. Однако эти предположения не получили убедительного экспериментального подтверждения, так как были основаны на анализе результатов кино съемки «облаков» пузырьков и эрозионных тестов с использованием алюминиевой фольги в качестве тест-образцов.

Данная работа посвящена исследованию активности кавитации с помощью кавитометра ИСА-4D (производство БГУИР, Беларусь). Особенность этого кавитометра состояла в том, что он (согласно паспортным данным) благодаря регулированию частотного спектра регистрируемого кавитационного шума мог работать в двух разных режимах: полной кавитации  $a$  (с учетом действия и пульсирующих, и захлопывающихся пузырьков) и нестационарной кавитации  $a_c$  (с учетом действия только захлопывающихся пузырьков). Значения активности кавитации  $a$  и  $a_c$  выражали в относительных единицах (о них судили по электрическому напряжению, указывавшемуся на индикаторной шкале электронного блока).

В первой серии опытов устанавливали зависимость активности кавитации от выходной мощности  $P$  генератора ультразвукового (УЗ) диспергатора УДН (22 кГц, производство БГУИР, Беларусь), излучатель которого погружался в сосуд диаметром 10 см с водой (высота столба воды 13 см), так что торец излучателя располагался в центральной части сосуда. Щуп кавитометра был неподвижно размещен на одном уровне с торцом излучателя в 3 см от него.

Во второй серии опытов устанавливали зависимость активности кавитации от удаления  $L$  от донного излучателя УЗ ванны УЗУ-0.25 с объемом рабочей полости 4,5 л (18 кГц, выходная мощность генератора 250 Вт). В разных опытах щуп кавитометра находился на разном расстоянии от излучателя по вертикали.

По данным опытов первой серии получены зависимости  $a(P)$  и  $a_c(P)$ , второй серии – зависимости  $a(L)$  и  $a_c(L)$ . Также получены расчетным путем зависимость  $a_p(P)$  как разность  $a(P)$  и  $a_c(P)$  и зависимость  $a_p(L)$  как разность  $a(L)$  и  $a_c(L)$  (здесь  $a_p$  – активность кавитации с учетом действия только пульсирующих пузырьков).

Результаты опытов: 1) кавитация возникает при  $P = 4$  Вт; далее с увеличением  $P$  значения  $a_c$  и  $a_p$  увеличиваются, сначала быстро, а затем медленней;  $a_c = 25$  и  $a_p = 20$  при  $P = 80$  Вт; 2) с увеличением  $L$  значения  $a_c$  и  $a_p$  уменьшаются, при этом зависимости  $a_c(L)$  и  $a_p(L)$  имеют вид нисходящего синусоидального затухающего тренда, что обусловлено наличием чередующихся зон разрежения и сжатия вдоль направления распространения УЗ волн;  $a_c = 24$  и  $a_p = 22$  при  $L = 0$  (у поверхности излучателя),  $a_c = 6$  и  $a_p = 5$  при  $L = 12$  см – значения  $a_c$  и  $a_p$  соответствуют положениям срединных кривых зависимостей  $a_c(L)$  и  $a_p(L)$ .

Таким образом, и захлопывающиеся и пульсирующие пузырьки возникают в жидкости одновременно и распределяются по всему ее объему, а обусловленные ими активности кавитации изменяются подобным образом с изменением мощности излучателя и удаления от него. Это означает, что в процессах кавитационной очистки параллельно участвуют пузырьки обоих типов.

#### Список использованной литературы

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия. – М.: Сов. энциклоп., 1979. – 400 с.
2. Панов, А.П. Ультразвуковая очистка прецизионных деталей. – М.: Машиностроение, 1984. – 88 с.
3. Приходько, В.М. [и др.]. Формирование эксплуатационных свойств деталей машин ультразвуковыми методами: монография. – М.: МАДИ, 2015. – 264 с.

**Abstract.** The processes of acoustic cavitation are studied experimentally. The cavitation cleaning mechanisms are considered.

УДК628.3

**Оржеховский А.А.**, аспирант

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

## **ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ТОРФА**

***Аннотация.** Экспериментально исследована поглощительная способность отработанных торфяных сорбентов после их механического отжима.*

Для удаления аварийных разливов нефти и нефтепродуктов и очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты, в частности, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), используют различные сорбенты, как природные, так и искусственные. Природные сорбенты более перспективны, они обладают достаточно высокой сорбционной емкостью и гораздо дешевле, чем искусственные. Поскольку отработанные сорбенты довольно сильно насыщены нефтепродуктами, то они должны подвергаться утилизации. В этом отношении природные сорбенты в большей мере по сравнению с искусственными отвечают экологическим требованиям, поскольку допускают утилизацию сжиганием, а также могут подвергаться биоразложению в результате действия микроорганизмов. Перед утилизацией из отработанных сорбентов извлекают содержащиеся в них нефтепродукты, для чего применяются центрифугирование или механический отжим. При весьма значительном извлечении нефтепродуктов сорбенты могут быть использованы вторично. Степень извлечения нефтепродуктов зависит от свойств материала сорбента и особенностей его пропитки. Так, при очистке сточных вод сорбент поглощает как нефтепродукты, так и воду, причем и нефтепродукты, и вода могут находиться в сорбенте в разном объеме соотношении и с разной силой могут быть связаны с материалом сорбента.

Одним из наиболее распространенных природных сорбентов является торф. Эффективность его использования для очистки сточных вод от нефтепродуктов определяется его поглощительной способностью в отношении воды и нефтепродуктов. В данной статье

ставилась задача предварительно исследовать особенности влияния отжима отработанного торфа на его поглотительную способность. Исследования проводились на примере верхового сфагнового мохачинного торфа.

Методика экспериментов заключалась в следующем. Мешочек из ткани типа «спанбонд», содержащий навеску сухого торфа, погружали в пропитывающую жидкость: 1) воду, 2) отработанное моторное масло 10W-40 и 3) концентрат Cimperial 810 LB, который служит для приготовления водомасляных эмульсионных смазочно-охлаждающих жидкостей, применяемых при обработке металлов резанием. Пропитку вели в течение 24 часов, затем извлекали мешочек с торфом из жидкости и давали свободно стечь излишкам жидкости в течение 1 часа, после чего определяли поглотительную способность торфа в отношении каждой из указанных жидкостей. Далее пропитанный жидкостью мешочек с содержавшимся в нем торфом подвергали механическому отжиму, разрыхляли отжатый торф и проводили с ним описанные выше экспериментальные процедуры.

Поглотительную способность сухого торфа вычисляли по формуле  $c_{ст} = m_{жст}/m_{ст}$ , где  $m_{жст}$  – масса жидкости, пропитавшей сухой торф;  $m_{ст}$  – масса сухого торфа до пропитки;  $m_{жст} = m_{пт} - m_{ст}$ , где  $m_{пт}$  – масса торфа пропитанного жидкостью. Поглотительную способность пропитанного жидкостью торфа после отжима вычисляли по формуле  $c_{от} = m_{жот}/m_{от}$ , где  $m_{жот}$  – масса жидкости, пропитавшей отжатый торф;  $m_{от}$  – масса отжатого торфа;  $m_{жот} = m_{опт} - m_{от}$ , где  $m_{опт}$  – масса отжатого повторно пропитанного торфа. Степень отжима вычисляли по формуле  $\gamma = m_{ож}/m_{жст}$ , где  $m_{ож}$  – масса отжатой из торфа жидкости. Значения масс измеряли на аналитических весах с точностью 1 мг. Поскольку торф во время взвешивания находился в мешочке, то из полученных результатов взвешивания вычитали предварительно измеренную массу мешочка (как сухого, так и пропитанного жидкостью).

Измеренные значения масс указаны в табл. 1, а вычисленные с учетом их показатели  $c_{ст}$ ,  $c_{от}$  и  $\gamma$  – в табл. 2.

В дополнительных экспериментах в качестве пропитывающей жидкости использовали 5% водомасляную эмульсионную СОЖ, приготовленную на основе концентрата Cimperial 810 LB. Сухой сорбент загрузали в стеклянную трубку диаметром 8 мм. Высота слоя торфа

составляла 4 см. В трубку заливали эмульсию массой 4 г и проводили ее фильтрацию через слой торфа. Масса эмульсии, прошедшей через сухой торф, составила 1,98 г, а поглощенной сухим торфом – 2,02 г. Отработанный торф извлекали из трубки, помещали в мешочек из ткани типа «спанбонд» и подвергали механическому отжиму. Масса отжатой эмульсии составила 0,34 г. После отжима торф разрыхляли, снова загружали в трубку (высота слоя сорбента также составляла 4 см) и повторяли описанные выше экспериментальные процедуры. Масса эмульсии, прошедшей через отжатый торф, составила 3,31 г, а поглощенной отжатым торфом – 0,69 г.

Таблица 1 – Значения параметров  $m_{ст}$ ,  $m_{пт}$ ,  $m_{от}$ ,  $m_{опт}$  и  $m_{ож}$  (г)

Пропитывающая жидкость	$m_{ст}$	$m_{пт}$	$m_{от}$	$m_{опт}$	$m_{ож}$
Вода	1	5,406	4,397	9,273	1,01
Моторное масло	1	9,599	5,719	9,997	3,88
Концентрат Simerial	1	10,959	6,277	8,895	4,68

Таблица 2 – Значения показателей  $c_{ст}$ ,  $c_{от}$  и  $\gamma$

Пропитывающая жидкость	$c_{ст}$	$c_{от}$	$\gamma$
Вода	4,41	1,109	0,23
Моторное масло	8,60	0,748	0,45
Концентрат Simerial 810 LB	9,96	0,417	0,47

Исследования показали, что отработанный торф после отжима имеет заметно меньшую поглощательную способность, чем сухой торф. Вместе с тем она может быть сопоставима с поглощательной способностью некоторых других сорбентов, например, кварцевого песка (0,3 – 1,5) [1]. Поглощательную способность отработанного торфа можно повысить с повышением степени отжима. Это, в свою очередь, сможет позволить вторично использовать отработанный торф для сорбционной очистки сточных вод от нефтепродуктов.

#### Список использованной литературы

1. Особенности очистки воды от нефтепродуктов с использованием нефтяных сорбентов, фильтрующих материалов и активных углей / Е.В. Веприкова [и др.] // J. Siberian Federal Univ. Chemistry. – 2010. – №2. – С. 284-304.

**Abstract.** The sorption capacity of used peat sorbents after their mechanical wringing are studied experimentally.

УДК 631.179

**Михайловский Е.И.**, кандидат экономических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **СИСТЕМА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ**

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования экономических отношений между сельскохозяйственными товаропроизводителями, специализированными ремонтными предприятиями и заводами-изготовителями.*

Агротехнический сервис – это комплекс услуг, оказываемых в приобретении, высокопроизводительном использовании, квалифицированном техническом обслуживании и ремонте сельскохозяйственной техники. Необходимо отметить, что качество изготовления сельскохозяйственной техники, объемы технического обслуживания и ремонта находятся в неразрывной связи.

Сельскохозяйственная техника, обладая совокупностью свойств, проявляющихся в процессе эксплуатации, требуют соответствующего технического обслуживания. Приобретая машину, хозяйство должно выполнять комплекс мер по поддержанию ее в работоспособном состоянии, что составляет основу агротехнического сервиса.

Только небольшую часть технических услуг покупатель оплачивает в момент покупки машины – гарантированное техническое обслуживание, устранение отказов и ремонт в период гарантийного срока эксплуатации. Остальная часть технического сервиса представляет собой дополнительные расходы средств труда и средств собственника.

Качество ремонта техники не в полной мере отвечает современным требованиям. Многие специализированные ремонтные предприятия не могут выполнять установленные технические требования на ремонт главным образом потому, что они имеют недостаточные производственные мощности и устаревшее технологическое оборудование. Необходимо признать, что концепция развития

ремонтного производства не была ресурсосберегающей и эффективной.

Ранее разработанные теоретические основы агротехнического сервиса требуют дальнейшего развития. Остается правильным и поддерживается практикой, что агротехнический сервис как система организационных и технических мер сопровождает машину с момента ее изготовления в течение всего периода эксплуатации вплоть до утилизации. Инновации, используемые при конструировании, изготовлении и обслуживании машин вносят свои коррективы в технологию выполнения работ по техническому сервису, но не меняют его организационно-техническую структуру и условий его обеспечения.

Практика организации технического обслуживания и ремонта техники силами хозяйств и специализированными ремонтными предприятиями без участия заводов-изготовителей не может отвечать современным требованиям к качеству, стоимости и оперативности ремонта и обслуживания.

Одним из направлений развития технического сервиса может быть установление прямых связей отдельными специализированными ремонтными предприятиями с заводами-изготовителями техники для АПК с целью дальнейшего функционирования в качестве дилерских пунктов (центров). Такой подход позволит развивать лизинговую форму кредитования сельскохозяйственных организаций, что важно в связи с недостаточными финансовыми средствами у специализированных ремонтных предприятий.

Отставание организации производства от уровня техники приводит к замедлению технического прогресса, к недоиспользованию возможностей техники. И наоборот, передовая организация производства (высокий уровень специализации, степени концентрации, серийности производства) стимулирует внедрение новой техники и технологии, обуславливает экономичность их использования и высокую эффективность производства.

В рыночной экономике все виды связей между субъектами принимают товарный характер, а цены и объемы продаж (связей) определяются рынком в результате отраслевой и межотраслевой конкуренции.

Роль системы материально-технического обеспечения в рыночной экономике выполняет маркетинг отдельных организаций, который должен обеспечить планомерность хозяйствования (внешних и внутренних межотраслевых связей) в условиях рынка. Необ-

ходима экономически обоснованная и взаимосвязанная система крупных, средних и мелких предприятий различных форм собственности. Особенностью аграрной политики на перспективу должно стать развитие интеграционных и кооперационных процессов в аграрном секторе на уровне хозяйствующих субъектов, на межрегиональном и межотраслевом уровнях.

В сложившейся экономической ситуации, когда у многих сельскохозяйственных товаропроизводителей нет достаточных денежных средств на покупку новой техники, а износ имеющейся техники увеличивается, то сохранение машинно-тракторного парка и поддержание его в работоспособном состоянии возможно только при выполнении планово-предупредительной системы технического обслуживания и ремонта машин.

Эта система основывается на теоретических и практических выводах о необходимости вложения дополнительных средств для поддержания работоспособности сельскохозяйственной техники в период установленного срока ее эксплуатации и даже при его превышении. Она представляет комплекс ремонтно-обслуживающих воздействий на машину, выполняемых в соответствии с установленной периодичностью в зависимости от наработки машины.

Практика показывает, что сельскохозяйственными предприятиями в настоящее время полный перечень работ, предусмотренных при технических обслуживаниях машин не выполняется, график их проведения не соблюдается, ремонт техники проводится по мере ее выхода из строя.

Производственно-финансовая деятельность сельскохозяйственных предприятий обусловлена несовпадением рабочего периода с периодом производства продукции, поэтому их задача заключается в восстановлении эксплуатационной готовности техники при возможно минимальных затратах материальных и денежных средств, а затем, уже с помощью отремонтированной техники, произвести достаточное количество продукции, реализовав которую можно было бы обеспечить окупаемость затрат и получение прибыли.

Возможные варианты разделения функций по ремонту и техническому обслуживанию машин и рекомендуемые виды цен на услуги зависят от различных организационно-экономических условий: уровня технической оснащенности производителей услуг; наличия квалифицированных кадров инженерной службы и ремонтных рабочих; стабильности производства продукции на сельскохозяйственном

предприятия; способности специализированных ремонтных предприятий выполнять различные виды ремонтно-технических работ.

Крупные сельскохозяйственные предприятия, имеющие собственную базу в виде ремонтных мастерских и машинных дворов, в большинстве своем самостоятельно осуществляют основной объем работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту машин. Однако, из-за отсутствия необходимого оборудования и кадров, они не могут производить капитальные ремонты машин и восстановление основных узлов и деталей.

Поэтому вынуждены выполнять данные работы в специализированных ремонтных предприятиях. Экономические взаимоотношения между сельскохозяйственными и ремонтно-обслуживающими организациями обусловлены как этой причиной, так и сложившимся разделением труда. Объектом ценообразования является восстановленный агрегат, узел, деталь, полнокомплектный ремонт трактора или комбайна.

Рассматривая условия формирования цены в современных условиях хозяйствования и необходимости возмещения затрат следует принимать во внимание действие двух факторов – спроса и предложения. За точку отсчета может быть принята остаточная стоимость ремонтного фонда, величину которой оценивают по разнице между первоначальной стоимостью и начисленной амортизацией на реновацию, по изменению показателей технико-экономических характеристик машин в зависимости от срока эксплуатации.

Договорная цена ремонтного фонда, продаваемого специализированным ремонтным предприятиям, может определяться по методике, базирующейся на дефектации деталей, а также экспертной оценке ее состояния с учетом комплектности. Стоимость ремонта может быть определена по фактическим затратам, а прибыль быть нормативной или продиктованной условиями рынка. Переход на куплю - продажу отремонтированных машин, их сборочных единиц и деталей стимулирует снижение себестоимости ремонта и повышение его качества.

Таким образом, у потребителей продукции появится выбор: сдавать технику в ремонт и получать ее обратно или продавать ее по остаточной стоимости, а затем купить отремонтированную, причем за разную цену в зависимости от ее комплектности и качества.

Процесс концентрации в первую очередь, характеризует именно размер предприятия и является более узкой категорией, нежели совокупный ресурсный потенциал. Процесс концентрации является категорией на стыке между производительными силами и произ-

водственными отношениями. Если производительные силы играют роль «импульсов» для формирования ресурсного потенциала, то сам ресурсный потенциал, включающий в себя (также, как и концентрация) материальный процесс, влияет на организационно-правовые формы предприятий, производственные отношения, концентрацию производства (размер предприятия).

Маркетинговые исследования спроса и предложения на услуги специализированных ремонтных предприятий показывают, что для выбора между покупкой нового узла или восстановлением старого необходимо иметь информацию об удельных затратах средств на единицу восстановленного ресурса по сравнению с новым аналогом. При этом интерес потребителя выражается в том, что затраты материально-денежных средств на ремонт узла в расчете на восстановленный ресурс эксплуатации, должны быть меньше или равны удельному значению стоимости нового узла в расчете на установленный заводом-изготовителем ресурс эксплуатации.

Специализированные ремонтные предприятия при заключении договоров на выполнение ремонтно-технических услуг обязаны гарантировать эксплуатацию узла до полной выработки восстановленного ресурса.

Во взаимоотношениях специализированных ремонтных предприятий с сельскохозяйственными предприятиями и фермерскими хозяйствами услуга в виде технических обслуживаний и ремонтно-восстановительных работ является специфической формой товара, при расчете за которую их интерес заключается в возмещении затрат и получении плановой прибыли в кратчайшие сроки.

Основной целью повышения эффективности производства является снижение его затрат. Одним из основных затратных факторов в АПК можно считать схему организации управления предприятием, группой предприятий, отраслью. Совершенствование системы управления способно существенно снизить уровень затрат, хотя и относимых на себестоимость продукции, но, по существу, остающихся не производительными или малопродуктивными. Рыночные отношения разрушили прежнюю командно-административную систему, но не создали заменяющие ее эффективные механизмы саморегулирования.

**Abstract.** The article presents the results of the study of economic relations between agricultural commodity producers. Specialized repair companies and manufacturing plant.

УДК 631.3

**Герасимов В.С.**, заведующий лабораторией;  
**Соловьев Р.Ю.**, руководитель научного направления, кандидат  
технических наук;

**Игнатов В.И.**, ведущий специалист; кандидат технических наук;

**Буряков С.А.**, старший научный сотрудник  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ»,  
г. Москва, Российская Федерация*

**Миклуш В.П.**, кандидат технических наук, профессор,  
**Сокол О.В.**, старший преподаватель  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **НОРМАТИВНО-ЗАКОНОДАТЕЛЬНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ВЫПОЛНЕНИЕ ПОСТПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАШИНЫ**

***Аннотация.** В статье раскрыты производственные этапы, связанные с обеспечением оптимальных технических параметров машины при ее производстве, так и в постпроизводственном цикле, связанным с эксплуатацией техники и ее утилизацией, также представлена схема взаимодействия элементов и участников механизма решения проблемы утилизации отходов техники.*

***Ключевые слова.** Постпроизводственные этапы, сельхозмашиностроение, жизненный цикл машины, сельскохозяйственная техника, затраты, производители техники, утилизация, ремонт, система, отходы.*

### **Введение**

Основной мировой тенденцией развития сельхозмашиностроения последних лет является создание и использование энергонасыщенных машин, обеспечивающих высокую производительность производимых ими работ. Рост энергоёмкости приводит к услож-

нению сельскохозяйственной техники (СХТ), увеличению стоимости эксплуатации такой машиной и экономических потерь от простоев, связанных с низкой надёжностью машины или несоблюдением требований по её эксплуатации. Одновременно с ростом затрат при эксплуатации техники изменяются в сторону ужесточения и требования потребителя к её производителям.

В соответствии с современными требованиями производитель техники несёт ответственность за качество выполнения соответствующих работ на всех этапах жизненного цикла продукции (ЖЦП). Это относится как к производственным этапам, связанным с обеспечением оптимальных технических параметров машины при её производстве, так и в постпроизводственном цикле, связанным с эксплуатацией техники и её утилизацией.

### **Основная часть**

Российские производители, перенимая зарубежный опыт, используют фирменную систему производства и эксплуатации техники. Пока эта система только начинает приближаться к мировым стандартам. В настоящее время относительно низкое качество российской техники (которое формируется на производственных этапах ЖЦП), с которым сталкиваются её потребители, в том числе потребители СХТ, усугубляется существенным отставанием в организации и технологиях проведения работ на постпроизводственных этапах ЖЦП, т.е. при эксплуатации техники и её утилизации после вывода из эксплуатации. И это снижает конкурентоспособность российской техники.

Сельскохозяйственная техника особенно «чувствительна» к недостаткам, связанным с уровнем её качества, поскольку простой высокопроизводительной машины даже на несколько часов может привести к большим экономическим потерям.

Процесс эксплуатации техники обычно подразделяют на два вида: производственную и техническую.

*Производственная эксплуатация* техники связана с процессами её транспортирования, подготовки к использованию, хранению, использованием по назначению и пр. *Техническая эксплуатация* включает в себя техническое обслуживание и ремонт.

Оба эти вида эксплуатации требуют участия в этих процессах производителя техники. Без их участия в подготовке и проведении

всех производственных этапов, включая утилизацию, эффективное проведение их с соблюдением необходимых требований технического и технологического порядка будет невозможно.

В доперестроечный период АПК имел отраслевую ремонтно-обслуживающую базу, предприятия которой осуществляли при непосредственной поддержке государства выполнение всего комплекса работ по эксплуатации техники, в том числе и по их утилизации. Низкая цена советской техники включала в себя только затраты на её изготовление. Все остальные этапы жизненного цикла субсидировались государством. Это обеспечивало советской технике, даже при относительной низкой надёжности, достаточно высокий уровень конкурентоспособности не только на внутреннем, но и на внешнем рынке.

Резкий переход от государственного управления всеми этапами жизненного цикла продукции на фирменную систему производства и одномоментная потеря производителями техники государственной поддержки существенно отразились как на цене техники, так и на её качестве. Это было связано с тем, что производители, вместе с потерей господдержки, потеряли связь с исполнителями работ на всех остальных этапах жизненного цикла. Низкая стартовая цена, низкий покупательный спрос на технику в момент потери господдержки не позволяли производителям техники сформировать собственные службы для выполнения полного жизненного цикла техники. Неизбежный рост цен на технику для обеспечения возросших затрат на формирование этих служб привёл к снижению конкурентоспособности по обоим конкуренто-образующим показателям: цене и качеству техники.

Как показывает состояние с российским машиностроением, и в первую очередь с сельхозмашиностроением, восполнение потери базовых интеллектуальных ресурсов производителям техники удаётся с большим трудом. Общеизвестно отставание производителей сельхозмашин в организации и проведении фирменного технического сервиса выпускаемой ими техники. В силу произошедшей трансформации технической политики производителям техники в настоящий момент сложно обеспечить качественное выполнение работ, в том числе на постпроизводственных этапах жизненного цикла выпускаемой ими техники. Они практически не вкладывают

дополнительные ресурсы на развитие ремонтно-обслуживающей базы, которая находится в крайне неудовлетворительном состоянии, ограничиваясь выполнением гарантийных обязательств.

В настоящий период времени обязанности производителя техники перед её потребителями выполняются либо ее владельцами, либо частными специализированными инженерными предприятиями.

Законодательно введённое в 2014 г. обременение производителей, касается расширения ответственности за проведение утилизации выпускаемой ими техники после вывода её из эксплуатации и выполнения технологических норм утилизации. Это требует от производителей новых решений для выполнения требований, предъявляемых к ним законодательством и постпроизводственными этапами жизненного цикла техники. За рубежом эта проблема решается путём создания производителями систем утилизации устаревшей техники.

Как показывает международным опыт, европейская и американская модели утилизации вышедшей из эксплуатации техники (ВЭТ) нацелены на максимальное использование (до 95 % к 2020г.) ресурсов, имеющихся в утилизируемой технике. Обеспечение ресурсосбережения и экологии отражает требования всего мирового сообщества, в том числе производителей техники, которые заинтересованы в повторном использовании более дешёвого вторичного сырья для производства новой техники. Такого рода требования заложены в законодательстве, отражающим техническую политику этих государств. Одним из основных принципов ресурсосбережения, заложенного в системы утилизации техники, является использование годных деталей и деталей с остаточным ресурсом от 55 до 60 % от новых, которые могут быть восстановлены и использованы по их прямому назначению. Именно эта часть компонентов ВЭТ позволяет обеспечивать самодостаточность утилизационных предприятий, занимающихся подготовкой компонентов этой техники к переработке. При этом большинство такого рода предприятий, наряду с утилизацией, занимается ремонтными работами и реализацией компонентов отходов от ВЭТ.

Но не меньшее значение для производителей техники имеет решение задачи увеличения сбыта своей техники взамен утилизируемой. Поэтому в технически развитых странах они принимают са-

мое активное участие в создании и функционировании систем утилизации ВЭТ. В этих странах созданы условия и мотивации для потребителей устаревшей техники, чтобы они были заинтересованы в своевременной её утилизации и приобретении более производительных машин.

Всё это говорит о том, что наступило время для построения новых взаимоотношений между всеми участниками отраслевых систем утилизации ВЭТ и создания специализированных предприятий для выполнения всех комплексных работ по обслуживанию и утилизации техники, основанных на взаимовыгодном экономическом сотрудничестве.

Исходя из мировой практики, а также имеющегося отечественного опыта в проведении утилизации ВЭТ, российского законодательства и национальной государственной технической политики, можно утверждать, что к настоящему моменту в России созданы базовые предпосылки для создания нового типа взаимовыгодного взаимодействия производителей с другими участниками постпроизводственных этапов жизненного цикла техники и нового типа ремонтно-обслуживающих предприятий.

В качестве базовых предпосылок для этого можно назвать следующие мероприятия:

- необходимость активного включения заводов-изготовителей в процессы, связанные с ресурсосбережением и сохранением экологии;
- необходимость соблюдения мировых стандартов и российского законодательства относительно ответственности производителей техники за проведение утилизации ВЭТ и выполнения норм утилизации (в пределах 80...95%);
- формирование экономической базы для создания инфраструктуры предприятий, обеспечивающих утилизацию ВЭТ с соблюдением требований ресурсосбережения и экологии, за счет утилизационного сбора;
- необходимость замены парка устаревшей техники новой, более производительной;
- максимальное использование новой техники, что потребует для её эффективной эксплуатации формирования ремонтно-обслуживающих предприятий нового типа, выполняющих расширенный перечень работ, в том числе по эксплуатации и утилизации.

Реализовать все эти мероприятия можно путём создания предприятий, способных осуществлять весь комплекс работ, которые необходимы на всех постпроизводственных этапах жизненного цикла СХТ. Для функционирования этих предприятий потребуется иная структура, принципы функционирования и управления, учитывающие взаимные интересы всех участников работ на постпроизводственных этапах ЖЦП, а также создания «дружественной» по отношению к этим предприятиям законодательной базы.

Комплексность этих предприятий определяется включением в их состав подразделений, выполняющих работы:

- входящие в настоящее время в состав гарантийных обязательств производителей техники;
- по текущему и капитальному ремонту техники;
- по подготовке компонентов утилизируемой техники как к переработке, так и к дальнейшему использованию;
- по восстановлению деталей с высоким остаточным ресурсом (55-60%).

Наиболее перспективным направлением по созданию такого рода комплексных предприятий является максимальное использование организационно-технологической базы действующих механических мастерских агрохозяйств и ремонтно-технических предприятий, осуществляющих весь цикл сервисного обслуживания СХТ. Де-факто они уже существуют и на них проводят утилизацию СХТ, но работают эти предприятия пока вне правового поля и без участия государства и производителей техники.

Для практической реализации предлагаемого проекта потребуется в первую очередь введение в гарантийные обязательства производителей техники требований по проведению утилизации выпускаемых ими машин после их вывода из эксплуатации. Это обеспечит вовлечение производителей техники в процесс создания комплексных предприятий, осуществляющих утилизационные работы.

Параллельно должны быть разработаны подзаконные акты, обеспечивающие субсидирование затрат производителям на формирование таких предприятий, в том числе затраты на проведение собственно утилизационных работ.

Также важным шагом для обеспечения функционирования таких предприятий является создание механизма, обеспечивающего

мотивации владельцев техники для проведения своевременной утилизации устаревшей техники.

В настоящий момент основное внимание должно уделяться организационно-технологическим мероприятиям, касающихся подразделений комплексного предприятия, осуществляющего подготовку компонентов утилизируемой техники к переработке и дальнейшему использованию.

В качестве примера комплексного подхода к проведению утилизации техники можно привести проект создания отраслевой системы рециклинга СХТ в АПК России.

Для практической реализации результатов этого проекта необходимо признать, что создание отраслевых систем утилизации техники является важной проблемой, которую нужно решать на государственном уровне.

Вторым этапом – отработка элементов отраслевых систем утилизации ВЭТ на базе пилотного проекта на региональном уровне. Это позволит при минимальных затратах решить нормативные, организационные, технологические и прочие вопросы для последующего тиражирования полученного опыта на другие регионы и виды техники.

Ещё больший эффект будет получен, если начнутся работы на государственном уровне по созданию отраслевых (видовых) систем утилизации всех видов отходов. Это будет третьим этапом решения проблемы утилизации отходов всех видов.

Проблему утилизации отходов можно будет решить только тогда, когда к её решению будут подключены заводы-изготовители и научный потенциал России, а работы по созданию рассматриваемого механизма будут проводиться комплексно и координироваться Центром по созданию и поддержанию в работоспособном состоянии единой системы обращения с отходами (ЕСОО).

Центр должен будет координировать работу Бюро по формированию, и внедрению отраслевых систем утилизации различных видов отходов с использованием единой методологии и принципов создания отраслевых (видовых) систем утилизации. В задачи Центра должно входить взаимодействие с производителями техники и предприятиями, занимающихся переработкой компонентов отходов и их использованием, а также с государственными структурами, формирующими техническую, правовую и экономическую по-

литику в отношении деятельности по утилизации отходов. По своим компетенциям и статусу Центр должен соответствовать отраслевому уровню, поскольку утилизация отходов, в том числе от ВЭТ в технически развитых странах является отдельной и очень прибыльной отраслью (рисунок).

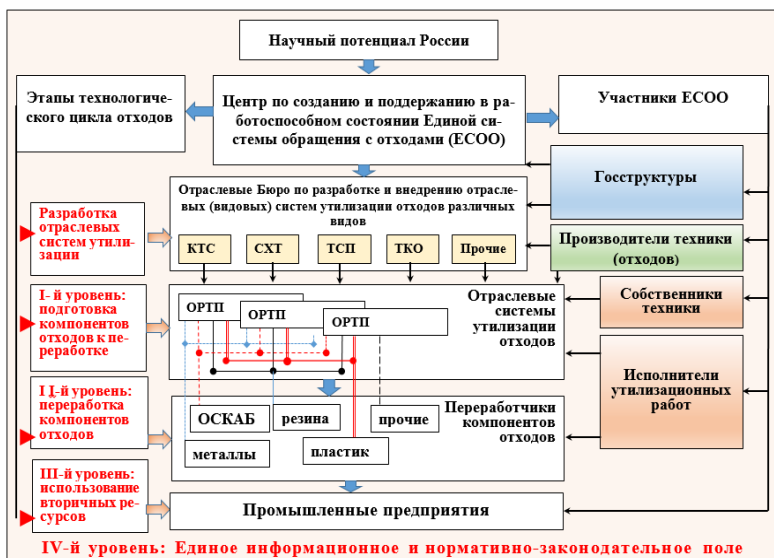


Рисунок – Схема взаимодействия элементов и участников механизма решения проблемы утилизации отходов (КТС – колесные транспортные средства; СХТ – сельскохозяйственная техника; ТСП – техника специализированных производств; ТКО – твердые коммунальные отходы; ОРТП – отраслевые ремонтно-технические предприятия)

В настоящий момент отраслевые Бюро могут быть созданы уже в ближайшее время в организациях, которые являются лидерами по проведению работ, связанных с утилизацией отходов конкретного вида. Финансирование Центра, Бюро и других участников ЕСОО должно осуществляться из средств утилизационного сбора.

### Заключение

В настоящее время в России созданы базовые предпосылки для создания нового типа взаимовыгодного взаимодействия производителей с другими участниками постпроизводственных этапов

жизненного цикла техники и нового типа ремонтно-обслуживающих предприятий.

Наиболее перспективным направлением по созданию такого рода комплексных предприятий является максимальное использование организационно-технологической базы действующих ремонтных мастерских агрохозяйств и ремонтно-технических предприятий, осуществляющих весь цикл сервисного сопровождения сельскохозяйственной техники.

В целом проблему утилизации отходов можно будет решить только тогда, когда к её решению будут подключены заводы-изготовители и научный потенциал, а работы по созданию рассматриваемого механизма будут проводиться комплексно и координироваться Центром по созданию и поддержанию в работоспособном состоянии единой системы обращения с отходами (ЕСОО). При этом финансирование участников ЕСОО должно осуществляться из средств утилизационного сбора.

Список использованной литературы

1. Утилизация сельскохозяйственной техники: проблемы и решения: науч. издание / С.А. Соловьев и др. – М.:ФБГНУ «Росинформагротех», 2015. –172 с.

2. Инновационные направления развития ремонтно-эксплуатационной базы для сельскохозяйственной техники: научное издание. – М.:ФБГНУ «Росинформагротех», 2014. – 160с.

**Abstract.** The article describes the production steps associated with providing optimal technical parameters of the machine during its production and postproduction cycle associated with the operation of equipment and its disposal also presents a scheme of interaction of elements and arrangements for solving the problem of waste disposal equipment.

**Key words:** postproduction stages, agricultural engineering, life cycle machines, agricultural machinery, expenditures, equipment manufacturers, recycling, repair, system, wastes.

УДК 631.358

**Шило И.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Ким Н.П.<sup>2</sup>**, доктор педагогических наук, профессор;  
**Кушнир В.Г.<sup>2</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;  
**Есипов С.В.<sup>1</sup>**, студент

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

<sup>2</sup> Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Костанайский государственный университет им. Байтурсынова», г. Костанай, Республика Казахстан

## **ОРИГИНАЛЬНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПОДБОРА КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ**

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой средств механизации для приемки, погрузки и транспортировки корнеклубнеплодов и овощей. Предложена оригинальная конструкция подборщика корнеклубнеплодов.*

Разработка и внедрение современных технологий производства сельскохозяйственной продукции является основным фактором развития АПК. Они могут быть созданы только на базе высокопроизводительных и надежных комплексов машин, обеспечивающих качественное выполнение технологических операций при минимальных затратах труда и материально-энергетических ресурсов [1].

Задача по совершенствованию и разработке средств механизации для приемки, погрузки и транспортировки корнеклубнеплодов и овощей является весьма актуальной.

Цель наших исследований – повышение производительности подборщика корнеклубнеплодов и овощей.

Проведенный патентный поиск показал, что известен подборщик корнеплодов, содержащий вал со шнековой навивкой, которая в радиальном сечении вала выполнена в виде жёлоба, причём её внешняя часть имеет эластичную кромку, внутренняя поверхность которой направлена под острым углом к горизонтальной поверхности.

Такой подборщик служит для приёма и перемещения плодов и клубней с твёрдого грунта или пола вагонов при минимальной их повреждаемости. Однако он обладает низкой производительностью, так как плоды и корнеклубнеплоды в силу своей округлой формы не способны долго удерживаться на эластичной кромке жёлоба.

Авторами предложена оригинальная конструкция подборщика корнеклубнеплодов [3], использование которого позволит повысить его производительность (рисунок: *a* – вид подборщика с торца; *б* – разрез А-А; *в* – вид Б; *г* – разрез В-В).

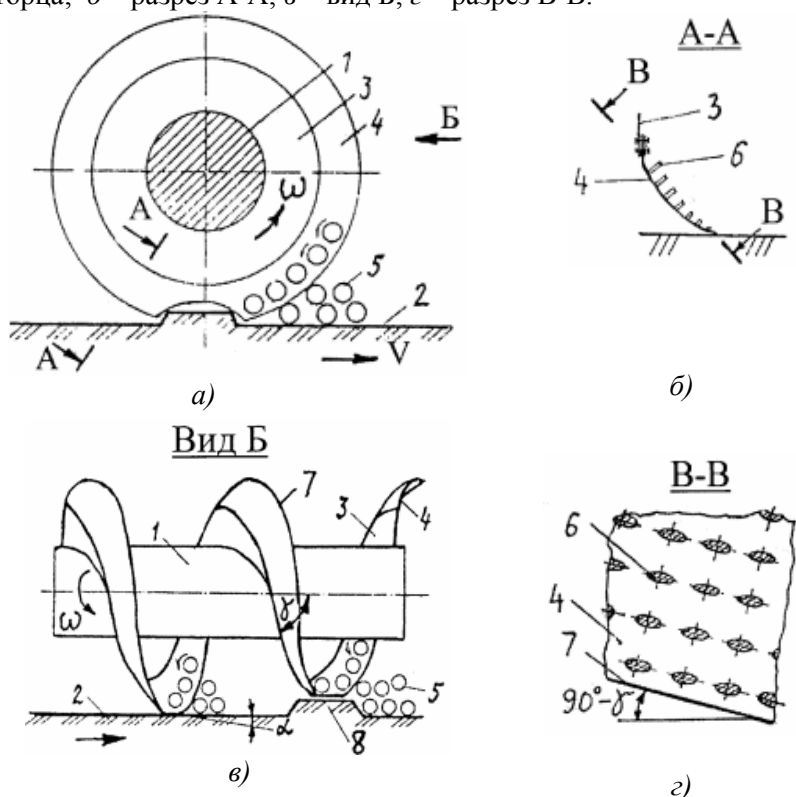


Рисунок – Подборщик корнеклубнеплодов

Подборщик корнеклубнеплодов состоит из установленного на раме с возможностью вращения вала 1 шнека, размещённого над

грунтом или полом вагона 2. Вал 1 имеет винтовую навивку 3, расположенную под углом  $\gamma$  к его оси симметрии, выполненную с эластичной кромкой 4 округлой или Г-образной формы, ориентированной в сторону перемещения плодов и корнеклубнеплодов 5 под острым углом  $\alpha$ . На внутренней вогнутой поверхности эластичной кромки 4 закреплены эластичные пальцы 6 эллипсного сечения, меньший диаметр которого расположен в одной плоскости с осью симметрии вала 1, а больший – параллельно краю 7 эластичной кромки 4 (под углом  $90^\circ - \gamma$  к оси симметрии вала 1).

Высота эластичных пальцев 6 возрастает по мере приближения к оси симметрии вала 1. Кромка 4 имеет размеры, соизмеримые с размерами перемещаемых плодов и корнеклубнеплодов, а максимальная высота эластичных пальцев 6 не превышает средней величины радиусов округлых их частей.

Грунт или пол вагона может включать показанные на рисунке, в неровности 8. При работе подборщика он перемещается над грунтом или полом вагона с плодами или корнеклубнеплодами, находящимися россыпью (навалом), в направлении, указанном стрелкой V, ему сообщается вращение в направлении, указанном стрелкой  $\omega$ . Плоды, корнеклубнеплоды встречаясь с вращающейся винтовой поверхностью, которая имеет эластичную кромку 4, ориентированную в сторону их перемещения, поднимаются вращающейся эластичной кромкой 4 над грунтом или полом вагона.

При этом эластичные пальцы 6 эллипсного сечения, меньший диаметр которого расположен в одной плоскости с осью симметрии вала 1, не препятствуют в силу своей малой жёсткости в этой плоскости и малого размера в начале эластичной кромки 4 поступлению плодов и корнеклубнеплодов на эластичную кромку 4. По мере подъёма за счёт вращения вала 1 расположенных на эластичной кромке 4 плодов и корнеклубнеплодов эластичные пальцы 6 за счёт своей большой жёсткости в направлении расположения большего диаметра эллипсного сечения препятствуют их быстрому скатыванию с эластичной кромки на грунт или пол вагона.

В результате достигается большая степень воздействия, большая высота подъёма и соответственно большее перемещение эластичной кромкой 4 плодов и корнеклубнеплодов, что существенно повышает производительность подборщика.

При встрече с неровностями 8 грунта или пола вагона эластичная кромка 4 в этом месте прогибается, не теряя своей ориентировки, в сторону стрелки (рисунок, в), благодаря тому, что жёсткость при указанной её форме значительно меньше в радиальном направлении, чем в продольном. При этом груз остаётся на кромке и не заклинивается между навивкой и поверхностью, чем устраняется повреждение плодов и корнеклубнеплодов и осуществляется полная их подборка.

Путём выбора размеров и направления эластичной кромки 4, а также размеров сечения и высоты эластичных пальцев 6, а также жёсткости их материала обеспечиваются максимальное снижение повреждаемости плодов и корнеклубнеплодов, полная их подборка при достижении высокой производительности подборщика.

#### Список использованной литературы

1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции до 2015 и на период до 2020 года : рекомендации по применению / Национальная академия наук Беларуси, Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Министерство промышленности Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям Республики Беларусь ; сост. В. Г. Гусаков [и др.]. - Минск : [б. и.], 2014. - 137 с.

2. А.с. СССР №1720548 А1, кл. А01D 51/00, 33/10. Бюл. №11, 1992.

3. Подборщик корнеплодов : инновационный патент на изобретение 26986 А4 Респ. Казахстан, МПК А01D 51/00 / В.Г. Кушнир (KZ); О.А. Бенюх (KZ); Н.Н. Романюк (BY); И.Н. Шило (BY); В.А. Агейчик (BY); Н.П. Ким (KZ) ; заявитель Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Костанайский государственный университет имени А. Байтурсынова» Министерства образования и науки Респ. Казахстан. – № 2012/0110.1; заявл. 30.01.2012; зарегистр. 14.06.2013 // Государственный реестр изобретений Респ. Казахстан.. – 2013. – Бюл. № 6.

**Abstract.** The questions connected with development of means of mechanization for acceptance, loading and transportation of korneklubneplod and vegetables are considered. The original design of a sorter of korneklubneplod is offered.

УДК 631.3:635

**Смирнов И.Г.<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник;  
**Хорт Д.О.<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
ведущий научный сотрудник;  
**Филиппов Р.А.<sup>1</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук,  
старший научный сотрудник;  
**Романюк Н.Н.<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Есипов С.В.<sup>2</sup>**, студент

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

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

## **ВЫНОСНАЯ СЕКЦИЯ ФРЕЗЫ САДОВОЙ**

***Аннотация.** Одной из составных частей технологии выращивания плодовых и ягодных культур является обработка почвы в многолетних насаждениях. Качество ее выполнения определяется показателями, которые зависят от функциональных возможностей применяемых технических средств. Существующие технические средства не полностью выполняют заданные агротребованиями качественные показатели обработки почвы, особенно в рядах многолетних насаждений. Предложена оригинальная конструкция выносной секции фрезы садовой, использование которой позволит повысить точность и качество обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений.*

Междурядная обработка почвы в садах, плодовых кустарниках, виноградниках и других насаждениях производится техническими средствами, применяемыми в полеводстве. Обработка почвы в рядах многолетних насаждений осуществляется орудиями, рабочий орган которых приближается к штамбу растения, оставляя защитную зону. Существующие технические средства не обеспечивают выполнение качественных показателей технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений. Поэтому обработка почвы в рядах часто выполняется вручную или вообще не выполняется, что

приводит к существенному снижению урожайности плодовых и ягодных культур [1].

Целью данных исследований явилась разработка выносной секции садовой фрезы для обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений.

Проведенный литературный и патентный поиск показал, что известно орудие для внутрирядной обработки почвы в плодовом саду [2], содержащее дисковую секцию, выполненную в виде батареи, установленную на раме, обеспечивающую выглубление и смещение секции в поперечной вертикальной плоскости.

Недостатками известного орудия являются ограниченная функциональность дисковых рабочих органов (орудие может быть использовано только при обработке почвы), высокая металлоемкость устройства, низкое качество обработанной поверхности почвы (т.к. выглубление и смещение секции происходит не одновременно) и повышенная травмируемость насаждений, за счёт смещения дисковой секции в поперечной вертикальной плоскости.

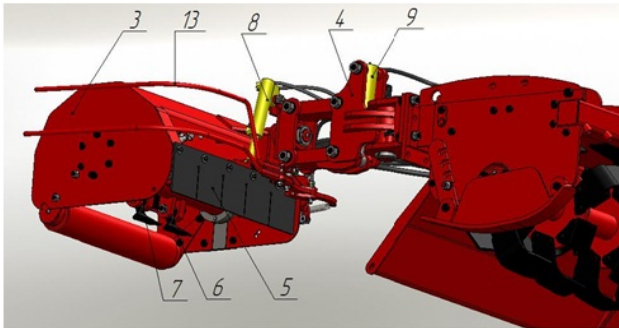
Известен фронтальный фрезерный культиватор междукустовой обработки виноградников [3], включающий подъёмный гидроцилиндр и подвижную раму секции с рабочими органами. Они выполнены в виде вертикальных фрез, приводимых в движение узлами вращения, позволяющих обрабатывать междурядья виноградников.

Недостатками известного устройства является невозможность обработки межствольной зоны междурядий садовых насаждений.

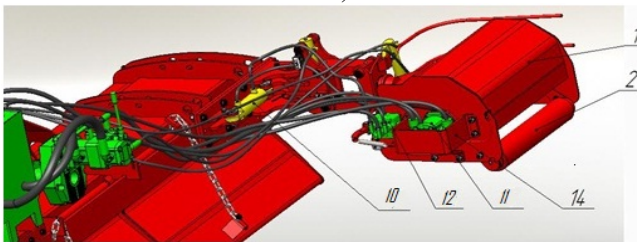
Авторами предлагается оригинальная конструкция выносной секции фрезы садовой [4] (рисунок: а) общий вид; б) вид сбоку).

Подвижная рама 1 выносной секции выполнена поворотной и представляет собой сварную конструкцию в виде П-образного короба, который опирается на землю посредством катка 2, служащего для регулировки высоты скашивания растений. Он представляет собой трубу, по торцам которой установлены кольца, в которых смонтированы подшипниковые узлы, состоящие из корпуса подшипника, защитного кольца, подшипника. Крепление колец к боковинам 3 поворотной рамы 1 осуществляется двумя болтами с каждой стороны. Выносная секция фрезы крепится к фрезе садовой посредством параллелограммного механизма навески 4. В передней части секции установлен резиновый фартук 5, а в боковинах 3 установлен барабан рабочих органов 6, с ножами 7.

Подвижность выносной секции обеспечивается гидроцилиндром 8 подъема секции, гидроцилиндром 9 регулировки наклона выносной секции в горизонтальной плоскости, и гидроцилиндром 10 отвода выносной секции относительно продольной оси трактора. Привод рабочих органов выносной секции (мульчировщика) осуществляется от гидромотора 11, смонтированного на раме 1 выносной секции и включающегося в работу с помощью перемещения рукоятки гидрораспределителя 12. Рукоятка установлена на раме фрезы садовой в рабочее положение. Для исключения повреждения деревьев во время работы, секция оснащена следящей системой. Следящее устройство - щуп 13 - двойной стержень, подключенный к гидравлическому распределителю 12, который активирует гидроцилиндр 10 отвода секции за фрезу, во время наезда на препятствие (ствол дерева). Гидрораспределитель 12 от повреждений защищён кожухом 14.



а)



б)

Рисунок – Выносная секция фрезы садовой

На боковинах 3 крепятся подшипниковые узлы ножевого барабана 6. С левой стороны, по ходу движения, размещен механизм навески 4

выносной секции на основную раму фрезы садовой, представляющий собой параллелограммный механизм. На левой боковине 3 смонтирован гидромотор 11 привода барабана 6 и гидрораспределитель 12 управления отводом секции. Выносная секция снабжена прикатывающим катком 2, имеющим два положения регулировки высоты среза. Передняя часть секции имеет резиноармированные щитки для исключения выбрасывания почвенных остатков.

Ножевой барабан 6 представляет собой вал с приваренными в шахматном порядке ушами для крепления почвообрабатывающих ножей (лап). Количество ножей – 10 шт. Вал 6 установлен в подшипниковых узлах, с левой стороны на нем имеются шлицы для подключения гидромотора 11.

Механизм навески 4 включает боковины, верхнюю траверсу и центральную распорку. Крепление навески 4 к опорной площадке фрезы садовой через продольные планки осуществляется болтовыми соединениями. Верхняя траверса имеет палец для подсоединения центральной тяги навесной системы трактора. Нижние рычаги навесной системы трактора подсоединяются к кронштейнам, установленным на прямоугольной трубе фрезы.

Гидросистема содержит масляный насос управления приводом рабочих органов выносной секции (мульчировщика), масляный бак с фильтрующим элементом, распределитель 12 включения и отключения гидромотора 11, привода рабочих органов и управления гидроцилиндром 10 отвода секции за фрезу при наезде на препятствие, включение которого осуществляется через шуп 13, гидроцилиндры 8, 9, 10 управления положения выносной секции в различных плоскостях и рукава высокого давления. Гидромотор 11 содержит корпус с нагнетательным и сливным патрубками и рабочие шестерни привода вала 6. Гидрораспределитель 12 содержит корпус и систему плунжерных пар и клапанов. Масляный бак содержит корпус с фильтрующим элементом, кронштейн крепления на раме фрезы.

Устройство работает следующим образом.

При включении рукоятки гидрораспределителя 12 на корпусе фрезы в рабочее положение, масло подается во впускной коллектор гидромотора 11. Вал 6 с ножами 7 выносной секции, начинает вращаться с большой скоростью, и по мере поступательного движения агрегата, осуществляет кошение и измельчение растительности в междустольном пространстве. Во время ударов шупа

13 о стволы деревьев, в действие приходит система отвода выносной секции (мульчировщика) в сторону специальным гидроцилиндром 10.

Заключение. Существующие технические средства не обеспечивают выполнение качественных показателей технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений. Поэтому обработка почвы в рядах часто выполняется вручную или вообще не выполняется, что приводит к существенному снижению урожайности плодовых и ягодных культур.

На основании проведенного патентного поиска предложена оригинальная конструкция выносной секции фрезы садовой.

#### Список использованной литературы

1. Пархоменко, Г.Г. Совершенствование технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / Г.Г. Пархоменко; [Место защиты: Рос. акад. с.-х. наук; Всерос. науч.-исследов. и проектно-технолог. ин-т механизации и электрификации сельского хозяйства]. – Волгоград, 2000. – 19 с.

2. Патент RU № 2462014, МПК А01В 39/16, 2011 г.

3. Патент RU № 2471322, А 01 В 13/04, 39/16, 2011 г.

4. Выносная секция фрезы садовой : патент 2544378 С1 Российской Федерации, МПК А 01В 39/16 ; А 01В 33/02 / А.Ю. Измайлов (RU), Я.П. Лобачевский (RU), И.Г. Смирнов (RU), Д.О. Хорт (RU), Р.А. Филиппов (RU), Н.Н. Романюк (BY) ; заявитель Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства Российской академии сельскохозяйственных наук (ГНУ ВИМ Россельхозакадемии) (RU). – № 2013153026/13 ; заявл. 29.11.2013 ; опубл. 20.03.2015 // Федеральная служба по интеллектуальной собственности

**Abstract.** One of components of technology of cultivation of fruit and berry crops is processing of the soil in long-term plantings. Quality of its performance is defined by indicators which depend on functionality of the used technical means. The existing technical means not completely carry out the quality indicators of processing of the soil set by agrorequirements, especially in the ranks of long-term plantings. The original design of portable section of a mill garden which use will allow to increase the accuracy and quality of processing of an interbarrelled zone of row-spacings of garden plantings is offered.

УДК 621.867

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

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

**Клавсуть П.В.**, старший преподаватель

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

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ЛЕНТОЧНОГО ТРАНСПОРТЕРА**

***Аннотация.** Рассматриваются вопросы, связанные с разработкой конструкций приводных барабанов и загрузочного устройства, позволяющих повысить производительность и надежность работы ленточных транспортеров.*

Комплексная механизация погрузочно-разгрузочных работ с использованием машин непрерывного транспорта повышает производительность труда и эффективность производства. Ленточные транспортеры широко применяются на предприятиях агропромышленного комплекса благодаря своим преимуществам: удобству обслуживания, незначительному вредному сопротивлению при движении транспортерной ленты, небольшой удельной массе движущихся частей, меньшему по сравнению с другими транспортерами расходу электроэнергии.

Ленточные конвейеры оборудованы фрикционными приводами с приводными барабанами, передающими тяговое усилие и движение ленте трением. На ленточных конвейерах применяют фрикционные приводы, которые дают возможность получать высокие скорости движения рабочего органа – транспортерной ленты. Создание в ленте предварительного натяжения является обязательным условием действия фрикционного привода. Предварительное натяжение должно быть таким, чтобы полностью исключить проскальзывание (пробуксовку) ленты на барабане.

Расчет фрикционного привода основан на решении уравнения, полученном Л. Эйлером для неупругой гибкой нити. Впоследствии теория передачи силы трением была уточнена Н. П. Петровым и Н.

Е. Жуковским [1]. Эти ученые независимо друг от друга рассмотрели взаимодействия блока с гибкой нитью, обладающей определенной упругостью. Идентичный подход к конвейерной ленте при обхвате ею приводного барабана (рисунок 1, а) на дуге обхвата  $\alpha$  позволил выявить наличие дуги скольжения  $ac$  и дуги покоя  $ap$ . На дуге скольжения натяжение в ленте изменяется по логарифмическому закону. При повороте вместе с барабаном любого выделенного отрезка ленты заметно уменьшение его деформации благодаря уменьшению натяжения. Возникает упругое скольжение ленты по барабану, действующее всегда в сторону большего натяжения независимо от направления вращения барабана. На дуге покоя натяжение и деформация ленты не изменяются. Дуга покоя свидетельствует о необходимом для нормальной работы привода запасе сил сцеплении между лентой и барабаном.

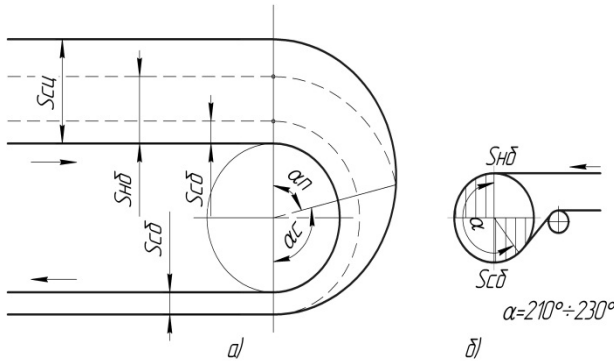


Рисунок 1 – Схемы фрикционных приводов ленточных конвейеров: а – с приводным барабаном; б – с отклоняющим барабаном

В момент пуска ленточного конвейера в результате действия сил инерции от поступательно движущейся с грузом ленты натяжение набегающей ветви ленты  $S_{нб}$  возрастает, а в сбегающей ленте  $S_{сб}$  уменьшается. Диаграмма натяжения в ленте на дуге обхвата при этом изменяется (см. рисунок 1, а). Для каждого фрикционного привода соотношение между дугами покоя и упругого скольжения должно быть таким, чтобы не было пробуксовки ленты.

При полном использовании силы сцеплении между натяжениями и набегающей  $S_{нб}$  и в сбегающей  $S_{сб}$  ветвях ленты существует зависимость

$$S_{нб} = S_{сб} e^{\mu_0 \alpha},$$

где  $e^{\mu_0 \alpha}$  – полный тяговый коэффициент приводного барабана;  
 $\mu_0$  – коэффициент сцепления ленты с поверхностью барабана.

Максимальное тяговое усилие, которое способен передать приводной барабан без пробуксовки ленты при известном натяжении в сбегающей ветви  $S_{сб}$ ,

$$P_{max} = S_{нб} - S_{сб} = (e^{\mu_0 \alpha} - 1) S_{сб}.$$

Для исключения возможности пробуксовки при всех режимах работы конвейера привод должен иметь коэффициент запаса сцепления  $k_c = 1,3 \div 1,4$ . С учетом этого коэффициента сцепления рекомендуемое тяговое усилие привода (кН)

$$P_0 = S_{нб} - S_{сб} = \frac{1}{k_c} P_{0max} = \frac{1}{k_c} S_{сб} (e^{\mu_0 \alpha} - 1),$$

где  $S_{нб}$  и  $S_{сб}$  – натяжения в набегающей и сбегающей ветвях ленты.

По допустимому тяговому усилию рассчитывают мощность привода

$$N = \frac{k_3 P_0 v}{\eta_n \eta_0}$$

где  $v$  – скорость ленты, м/с;

$\eta_0$  – коэффициент полезного действия передач привода;

$k_3$  – коэффициент запаса установочной мощности,

$k_3 = 1,0 \div 1,2$ .

Эффективность фрикционного привода определяется тяговым коэффициентом. Чем больше значение тягового коэффициента, тем меньше значение расчетного натяжения в ленте. Увеличение тягового коэффициента возможно вследствие повышения коэффициента трения посредством применения фрикционных материалов для футеровки барабана, таких, как древесина, резина и др.

В БГАТУ разработаны оригинальные конструкции приводных барабанов, позволяющие значительно повысить тяговый коэффициент и снизить износ ленты.

На рисунке 2 представлен приводной барабан ленточного транспортера [2].

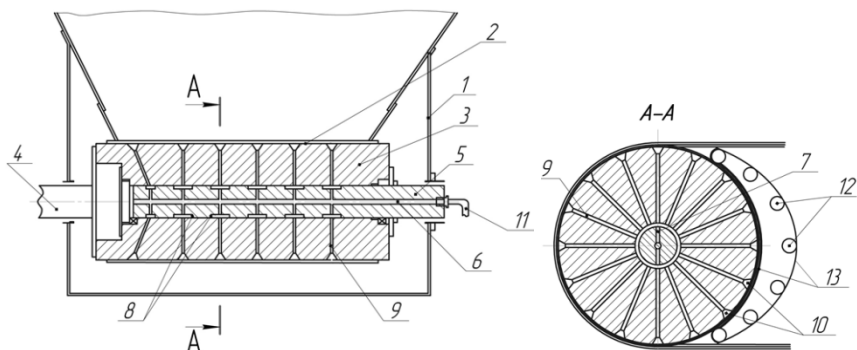


Рисунок 2 – приводной барабан ленточного транспортера

Ленточный транспортер, содержащий раму 1, транспортную ленту 2, устройство для предотвращения буксования транспортной ленты 2, включающее приводной барабан 3, соединенный с приводным валом 4, и установленный на оси 5, в которой выполнен центральный 6 вакуумный канал, являющийся продолжением отсасывающего трубопровода 11 и соединенный радиальными 7 вакуумными каналами с осевыми вакуумными камерами, выполненными в виде кольцевых проточек 8, которые в свою очередь соединены радиальными 9 вакуумными каналами с зоной контакта поверхности приводного барабана 3 и транспортной ленты 2 через контактные 10 вакуумные камеры, при этом контактные 10 вакуумные камеры расположены через равные промежутки по всей поверхности окружности приводного барабана 3 на ширину, не более ширины транспортной ленты 2. К поверхности приводного барабана 3, свободной от соприкосновения с транспортной лентой 2, прижато уплотняющее устройство, состоящее из обоймы роликов 12, которые огибает бесконечная лента 13.

Ленточный транспортер работает следующим образом.

С помощью вакуумного насоса разрежение постепенно создается в отсасывающем трубопроводе 11, центральном 6 вакуумном канале, радиальных 7 вакуумных каналах, осевых вакуумных камерах, выполненных в виде кольцевых проточек 8 и

радиальных 9 вакуумных каналах приводного барабана 1 и контактных 10 вакуумных камерах.

Вследствие перепада давления над и под транспортерной лентой 2 в зоне ее контакта с приводным барабаном 3 создается дополнительное усилие прижатия транспортерной ленты 2 к приводному барабану 3, что увеличивает силу трения, препятствующей буксованию транспортерной ленты 2 на приводном барабане 3.

Поверхность приводного барабана 3, свободную от соприкосновения с транспортерной лентой 2 огибает бесконечная лента 13 уплотняющего устройства, которая за счет разрежения в контактных 10 вакуумных камерах прижимается к поверхности приводного барабана 3, обеспечивая тем самым постоянное разрежение в системе. При этом бесконечная лента 13 приводится в движение приводным барабаном 3 и совершает замкнутый оборот вокруг обоймы роликов 12.

Усилие  $S_{нб}$  в набегающей на приводной барабан ветви приводит к удлинению конвейерной ленты, которая, соприкасаясь с отдельными элементами обечайки, сдвигает их, в направлении, противоположном вращению приводного барабана. При этом не происходит взаимного скольжения между футеровкой и конвейерной лентой, а тяговое усилие реализуется за счет сцепления между ними и происходит фрикционный износ конвейерной ленты и футеровки.

Повысить тяговую способность приводного барабана можно за счет прижатия ленты к барабану вакуумом создаваемым вакуумными насосам через специальные каналы выполненные в корпусе приводного барабана [2].

Устранить упругое скольжение ленты на приводном барабане возможно за счет выполнения обечайки барабана из размещенных с зазором друг относительно друга из отдельных элементов, каждый из которых может перемещаться в направлении вращения приводного барабана [3]. На рисунке 3 представлен приводной барабан ленточного конвейера.

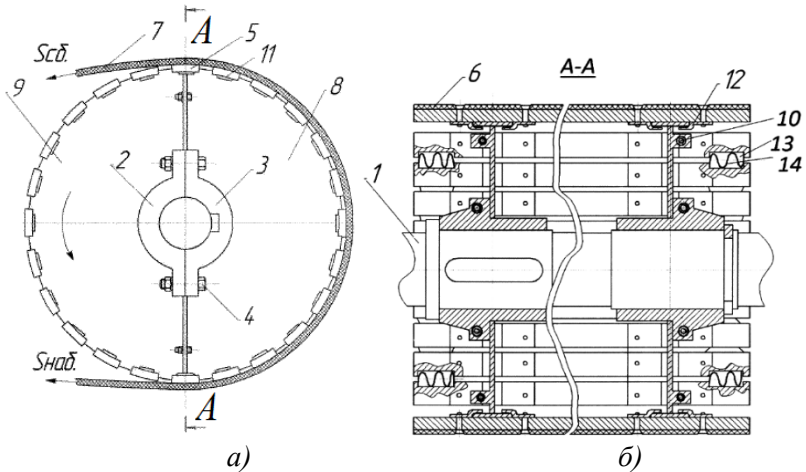


Рисунок 3 – Приводной барабан ленточного конвейера:  
 а) вид сбоку; б) разрез А-А

Приводной барабан ленточного конвейера, содержащий вал 1 с закрепленными на нем ступицами, которые выполнены из двух частей 2 и 3, соединенных между собой болтами 4, обечайку, выполненную из размещенных с зазорами относительно друг друга отдельных элементов 5 с закрепленными на них футеровками 6 из материала с максимальным значением коэффициента трения между ним и конвейерной лентой 7 с возможностью огибания приводного барабана конвейерной лентой 7 с усилием в набегающей ветви  $S_{наб}$  и усилием в сбегающей ветви  $S_{сб}$ . К ступицам прикреплены диски, состоящие из двух частей 8 и 9, соединенных между собой болтами 10, к наружному диаметру дисков приварены полосы 11, образующие с дисками Т-образное соединение, на которое установлены отдельные элементы 5 обечайки с возможностью перемещения по полосам 11 и крепления к ним с помощью зацепов 12, закрепленных на внутренней стороне отдельных элементов 5 обечайки, кроме того, на торцевых поверхностях отдельных элементов 5 обечайки расположены выемки 13, в которые уложены S-образные пружины 14, удерживающие отдельные элементы 5 обечайки от соприкосновения друг с другом.

Усилие  $S_{\text{наб}}$  в набегающей на приводной барабан ветви приводит к удлинению конвейерной ленты 7, которая, соприкасаясь с отдельными элементами 5 обечайки, сдвигает их, преодолевая усилие  $S$ -образных пружин 14, в направлении, противоположном вращению приводного барабана. При этом не происходит взаимного скольжения между футеровкой 6 и конвейерной лентой 7, а тяговое усилие реализуется за счет сцепления между ними и не происходит фрикционный износ конвейерной ленты 7 и футеровки 6. Во время схода конвейерной ленты 7 с приводного барабана усилие  $S_{\text{сб}}$  становится меньше усилия  $S_{\text{наб}}$ , растянутая конвейерная лента 7 укорачивается и сдвигает соприкасающиеся с ней отдельные элементы 5 обечайки в обратном направлении, преодолевая усилие  $S$ -образных пружин 14.

Отдельные элементы 5 обечайки, перемещаясь во время работы по полосам 11 в ту или иную сторону, находятся на одинаковом расстоянии от оси вращения и не создают дисбаланс, который вызывает вибрацию приводного барабана.

Мощность приводного электродвигателя в значительной мере зависит и от величины сопротивления движению ленты в месте загрузки конвейера транспортируемым грузом

$$S_3 = S_{\text{зу}} + S_{\text{зб}} + S_{\text{зл}}$$

где  $S_{\text{зу}}$  – сопротивление возникающее от необходимого ускорения при подаче трения частиц о ленту из разности скоростей подаваемого груза и ленты;

$S_{\text{зб}}$  – сопротивление трения частиц груза о неподвижные борта направляющего лотка;

$S_{\text{зу}}$  – сопротивление трения уплотняющих полое загрузочного лотка о ленту.

Для снижения этих сопротивлений авторами разработана оригинальная конструкция загрузочного устройства (рисунок 4: а) продольный разрез с положением элементов устройства в исходном положении; б) положение шибера в рабочем положении при срабатывании устройства при остановке конвейерной ленты; в) вид А) [4].

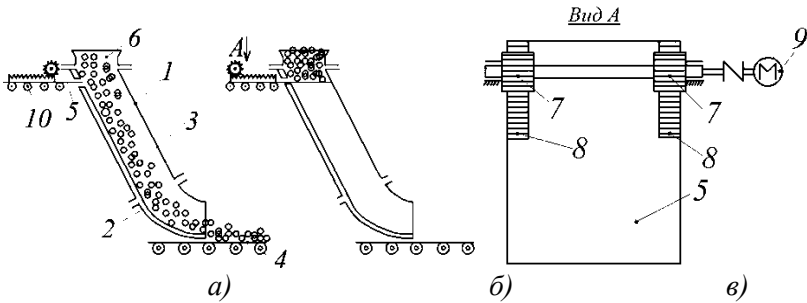


Рисунок 4 – Устройство для перегрузки сыпучих материалов с технологического оборудования на ленточный конвейер:  
а) продольный разрез с положением элементов устройства в исходном положении; б) положение шибер в рабочем положении при срабатывании устройства при остановке конвейерной ленты; в) вид А

Устройство для перегрузки сыпучих материалов с технологического оборудования на ленточный конвейер, содержит желоб, состоящий из сочетания прямолинейного наклонного 1 и криволинейного 2 в зоне перегрузки сыпучих материалов 3 на конвейерную ленту 4 участков, шибер 5, который установлен параллельно горизонту под прямолинейным наклонным 1 участком желоба в зоне соединения технологического оборудования 6 с устройством для перегрузки сыпучих материалов на конвейерную ленту 4. Привод шиберы 5 осуществляется с помощью реечных зацеплений, состоящих из шестерен 7, зубчатых реек 8, и электропривода 9, включающегося при остановке конвейерной ленты 4. Шибер 5 и закрепленные на нем зубчатые рейки 8 поддерживаются и перемещаются роликами 10.

При нормальной работе, разгружаемый из технологического оборудования 6, сыпучий материал 3, двигаясь под действием собственного веса, вначале по наклонному прямолинейному 1, а затем по криволинейному 2 участкам, перегружается на конвейерную ленту 4. При внеплановой или аварийной остановке конвейерной ленты 4 включается электропривод 9, который через реечное зацепление перемещает шибер 5 во внутреннее пространство наклонного прямолинейного 1 участка желоба, сдвигая сыпучий материал 3 и перекрывает все внутреннее его пространство, останавливая при этом поступление сыпучего материала 3 с технологического оборудования 6.

Установка шибера 5 под наклонным прямолинейным 1 участком желоба снижает усилие внедрения шибера 5 в перемещаемый сыпучий материал 3, так как в этом случае его необходимо приподнимать и сдвигать, а не сжимать как в прототипе, а размещение шибера в зоне соединения технологического оборудования 6 с устройством для перегрузки сыпучих материалов на конвейерную ленту 4 предотвращает забивание наклонного прямолинейного 1 участка желоба.

Разработанные конструкции приводных барабанов и загрузочного устройства позволяют значительно повысить производительность и надежность работы ленточных транспортеров.

#### Список использованных источников

1. Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины. [Текст]: учеб. для машиностроительных спец. вузов. / М.П. Александров – Москва : Высшая школа, 1985. – 520 с.

2. Ленточный транспортер: патент 8784 U Респ. Беларусь, МПК В65G15/00 / Н.Н. Романюк, К.В.Сашко, К.А.Гриневич; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20120468; заявл. 07.05.12; опубл. 30.10.2012 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2013. – № 6. – С. 210-211.

3. Приводной барабан ленточного конвейера: патент 9914 U Респ. Беларусь, МПК В65G23/04 / Н.Н. Романюк, К.В. Сашко, Е.С. Черный, В.Н. Романюк; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № u 20130512; заявл. 13.06.2013; опубл. 28.02.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2013. – № 1. – С. 171.

4. Устройство для перегрузки сыпучего материала с технологического оборудования на ленточный конвейер : патент 20440 С2 Респ. Беларусь, МПК В 65G 47/18 / К.В.Сашко (BY); Н.Н.Романюк (BY); Н.П.Ким (KZ); В.Ю.Романюк (BY); К.С.Гриневич (BY) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № a20121840; заявл. 27.12.2012; опубл. 30.10.2016 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуаль. уласнасці. – 2016. – № 5. – С.91.

**Abstract.** Discusses issues related to the development of driving drums and a boot device to improve performance and reliability of belt conveyors.

УДК 621.437.629

**Тарасенко В.Е.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Жешко А.А.**, кандидат технических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

## ПОСТРОЕНИЕ РЕГРЕССИОННОЙ МОДЕЛИ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА ДИЗЕЛЯ DEUTZ BF06M1013FC

***Аннотация.** В статье представлены оценка экономичности дизеля Deutz BF06M1013FC трактора «БЕЛАРУС-3022ДЦ» и выбор оптимальных режимов его работы посредством построения универсальной многопараметровой характеристики. Отмечается, что кривые удельного эффективного расхода топлива могут быть адекватно описаны с помощью регрессионной модели второй степени в функции эффективного давления и частоты вращения коленчатого вала дизеля.*

На долю сельского хозяйства приходится около 50 % всей энергии, потребляемой в Республике Беларусь, и в этом количестве топливо составляет более 45 % [1].

Известно [2], что эффективный удельный расход топлива определяется значением эффективного КПД, зависит от индикаторных показателей работы двигателя и механических потерь, т.е. эффективный удельный расход топлива определяется рабочим процессом, принятой конструкцией составляющих компонентов и оценивает экономичность двигателя в целом. Так, увеличение индикаторного КПД на 1 % снижает расход топлива на 5,9 г/(кВт·ч) (или на 2,3 %), при увеличении механического КПД – на 3,4 г/(кВт·ч) (или 1,3 %), эффективного КПД – на 7,3 г/(кВт·ч) (или на 2,9 %), а повышение теплоты сгорания дизельного топлива на 1 % снижает расход топлива на 2,4 г/(кВт·ч) (или на 1,0 %).

Снижение удельного расхода топлива на протяжении длительного периода времени является одной из основных задач развития и модернизации автотракторных ДВС.

В настоящее время внедрение электронных систем управления подачей топлива позволило осуществлять гибкое изменение цикловой подачи, оптимальное регулирование угла опережения впрыска

топлива, обеспечивать заданную внешнюю скоростную характеристику дизеля и др. [6, 7]. Однако проводимая высокотехнологичная модернизация топливных систем должна дополняться комплексом компьютерного моделирования как рабочих процессов ДВС, так и режимов их работы с целью обеспечения эффективного функционирования топливной системы в реальных условиях эксплуатации.

Целью настоящей работы явилось на основании серии нагрузочных характеристик дизеля Deutz BF06M1013FC трактора «БЕЛАРУС-3022ДЦ» построение универсальной многопараметровой характеристики данного двигателя, так как по ней можно наиболее полно оценить экономичность ДВС и выбрать оптимальные режимы его работы. Таким образом поставленная цель сводится к построению на плоскости зависимости интересующего параметра (в нашем случае – удельного эффективного расхода топлива,  $g_e$ , г/кВт·ч) двигателя одновременно от двух независимых переменных (среднего эффективного давления,  $p_e$ , бар и частоты вращения коленчатого вала,  $n$ , мин<sup>-1</sup>).

График универсальной многопараметровой характеристики получается как результат проекции на плоскость  $XU$  ( $p_e, n$ ) сечений поверхности отклика  $g_e = f(p_e, n)$  при данных значениях  $g_e$  в трехмерном пространстве  $p_e, n, g_e$ .

На рисунке 1а представлена универсальная многопараметровая характеристика ДВС с замкнутыми кривыми удельного эффективного расхода топлива ( $g_e$ , г/кВт·ч) как функция среднего эффективного давления ( $p_e$ , бар), крутящего момента ( $T_k$ , Н·м) и частоты вращения коленчатого вала ( $n$ , мин<sup>-1</sup>).

Точка наименьшего удельного эффективного расхода топлива, обычно именуемая «плюс экономичности», представлена на рисунке 1а как точка  $E_p$ . Эта точка, как правило, определяется при средних оборотах и загрузке в дизельных двигателях порядка 75 % от максимума [3].

Оптимальный режим работы двигателя с точки зрения потребления топлива соответствует точке  $E_p$ . Следовательно, при эксплуатации автотракторных ДВС следует придерживаться режимов, соответствующих окрестностям данной точки, т.е. области, очень близкой к ней, что обеспечит минимальное потребление топлива  $g_{emin}$ . Область, в которой  $g_e < g_{emin}$ , считается областью экономичной эксплуатации ДВС.

Однако, как известно, двигатель часто работает на частичной нагрузке, т.е. на частичной характеристике. Каждому значению эффективной мощности  $N_{ei}$ ,  $i = 1, \dots, n$  соответствует отдельная кривая расхода топлива и каждая из них имеет свою точку минимального значения (рисунок 1б).

Нанося точки минимального удельного расхода топлива на многопараметровую характеристику, можно получить кривую АВ, которая представляет характеристику минимального удельного расхода топлива или режим экономичного функционирования ДВС.

На базе испытательного центра «Трактор» ОАО «МТЗ» проведены испытания дизеля Deutz BF06M1013FC трактора «БЕЛАРУС-3022ДЦ». По результатам испытаний двигателя BF06M1013FC под нагрузкой через задний ВОМ трактора с использованием аттестованного стенда HORIBA DT2100 (№ 177229), позволяющего определять технико-экономические показатели ДВС и его тепловой режим, получены данные для построения серии нагрузочных характеристик. Методика испытаний соответствовала ГОСТ 30747-2001 (ИСО 789-1-90). Расход топлива (кг/ч) определялся с помощью расходомера AVL 733S.

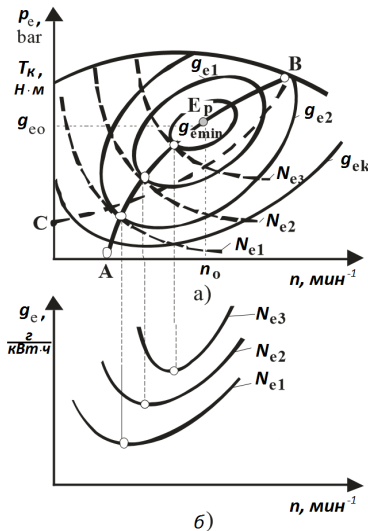


Рисунок 1 – Зависимость расхода топлива в ДВС от ряда параметров:  
 а) универсальная многопараметровая характеристика ДВС;  
 б) кривые удельного эффективного расхода топлива

Данные, полученные по результатам снятия серии нагрузочных характеристик, явились основой для построения универсальной многопараметровой характеристики дизеля Deutz BF06M1013FC. Методика построения изложена в источнике [4].

При обработке массива полученных экспериментальных данных выполнено построение точечной диаграммы с гладкими кривыми для формирования матрицы в функции  $g_e = f(p_e)$ . При этом, двигаясь по оси  $g_e$  с постоянным шагом 10 г/кВт·ч в диапазоне 450...230 г/кВт·ч, и уменьшая шаг до 2 г/кВт·ч в диапазоне малых удельных расходов 230...214 г/кВт·ч определялось, какое эффективное давление  $p_e$  соответствует данному расходу топлива при текущей частоте вращения. Например, для 2000 мин<sup>-1</sup>, расходу 320 г/кВт·ч соответствует среднее давление 4,2 бар, а для 2400 мин<sup>-1</sup>, при расходе 280 г/кВт·ч давление составляет 7,5 бар. Результаты определения точек по точечной диаграмме сводились в соответствующую матрицу.

Применительно к первоначальному массиву данных, полученному по результатам снятия ряда нагрузочных характеристик дизеля на наиболее характерных для него частотах вращения, выполнено удаление дубликатов точек матрицы и осуществлена линейная аппроксимация с использованием пакета прикладных программ MatLab. При этом загруженный в «матричную лабораторию» MatLab массив данных, приводил к выводу предупреждения о том, что имеются дубликаты данных «Duplicate x-y data points detected: using average of the z values». Для очистки массива данных от выбросов использовали функцию

`[junk,i] = unique(n+sqrt(-1)*pe); n = n(i); pe = pe(i); ge = ge(i).`

Для аппроксимации данных, представленных в таблице 1, использовали модуль MatLab «Curve fitting tool», в котором указали переменные ( $n$ ,  $p_e$ ,  $g_e$ ), тип модели (polynomial) и получили результат (рисунок 2).

Линейная аппроксимация позволила определить коэффициент детерминации, который для данной модели имеет довольно низкое значение  $R^2 = 0,7005$ . Результаты построения линейной множественной регрессии показали также, что полученная модель имеет слабую сходимостъ результатов.

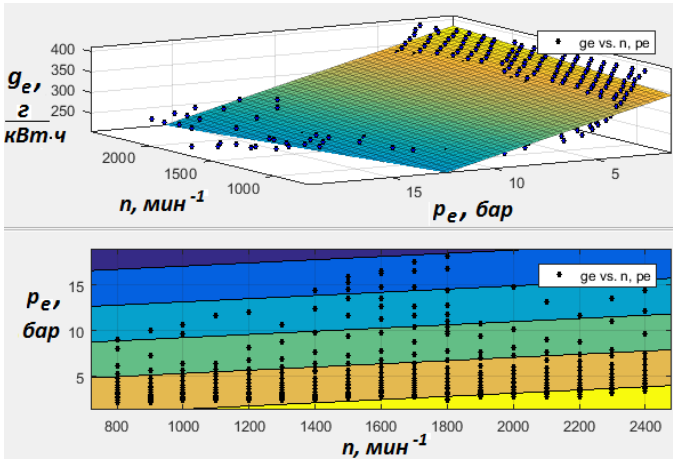


Рисунок 2 – Линейная аппроксимация данных матрицы в MatLab

Дальнейшая работа проводилась с использованием пакета анализа данных Excel. Для повышения точности результатов выполнены расчеты по построению модели в виде степенной функции расхода топлива от рассматриваемых факторов. Однако проведенные расчеты также показали низкое значение коэффициента детерминации, а именно  $R^2 < 0,85$ , неадекватность модели.

Исходя из анализа литературных источников [3, 5, 8], следует отметить, что статические характеристики двигателя внутреннего сгорания могут быть адекватно описаны с помощью полиномов соответствующей степени. В исследовании [3] регрессионная модель удельного расхода топлива представлена в виде полинома 3-ей степени в функции режимных параметров – эффективного давления  $p_e$  и числа оборотов  $n$ .

Дальнейшее построение математической модели проводилось среди полиномов соответствующей степени. Как показали расчеты, модель в виде полинома второй степени имеет высокие показатели адекватности.

Воспользовавшись встроенным в MS Excel пакетом анализа, получена следующая регрессионная модель:

$$g_e = 450,9772714 - 0,015532953n + 0,0000170545n^2 - 40,1645538p_e - 0,002058206np_e + 1,790825133p_e^2 \quad (1)$$

При этом коэффициент детерминации равен  $R^2 = 0,909$ , и так как  $R^2 > 0,85$ , можно сделать заключение о том, что модель адекватна. Достоверность уровня значимости по Фишеру (значимость  $F =$

$6,57 \cdot 10^{-167}$ ) значительно меньше 0,05, на основании чего делаем вывод: модель статистически значима. Далее выполнен более подробный расчет и рассчитан критерий Фишера. При этом коэффициент множественной смешанной корреляции равен 0,954573.

Выполнено построение графика полученной модели (рисунок 3).

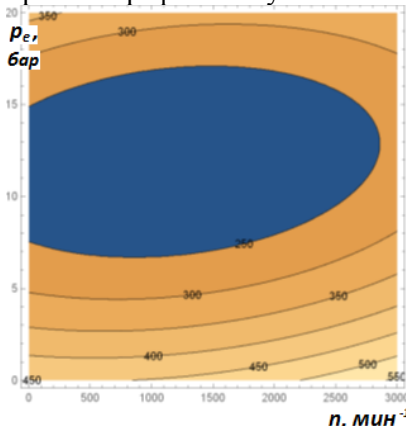


Рисунок 3 – Контурный график полинома второй степени

Графическое построение свидетельствуют о том, что с позиции обеспечения минимальных значений удельного эффективного расхода топлива и максимальных значений среднего эффективного давления целесообразно эксплуатировать рассматриваемый дизель с оборотами коленчатого вала в пределах  $1150-1900 \text{ мин}^{-1}$ . Оптимальной же областью по оборотам коленчатого вала следует считать  $1400-1750 \text{ мин}^{-1}$ , когда достигается работа с расходом топлива ниже  $220 \text{ г/кВт}\cdot\text{ч}$  и значением среднего эффективного давления выше 12 бар.

В результате проведенного исследования по определению оптимальных режимов работы двигателя Deutz BF06M1013FC установлено, что кривые удельного эффективного расхода топлива могут быть адекватно описаны с помощью регрессионной модели второй степени в функции эффективного давления и частоты вращения коленчатого вала ДВС, что представляет собой важный результат. Полученная модель второго порядка является существенным преимуществом, т.к. в ряде работ схожей направленности использованы уравнения третьей степени.

Используя представленную регрессионную модель удельного эффективного расхода топлива, становится возможным посредст-

вом электронного блока управления, который вырабатывает управляющие сигналы, корректировать работу системы питания (дозирование подачи топлива) для перевода двигателя в наиболее экономичный режим. При этом проблема обоснования оптимальных режимов работы актуальна как для рассматриваемого двигателя, так и других автотракторных ДВС.

Приведенная последовательность определения удельного эффективного расхода топлива при различных режимах работы автотракторных ДВС с помощью расширенных многопараметровых характеристик, позволяет добиться показателей работы ДВС, соответствующих минимальному удельному расходу топлива и выполнить согласование с автоматическими трансмиссиями, которые повсеместно внедряются в конструкции современных мобильных сельскохозяйственных машин.

#### Список использованной литературы

1. Якубович, А.И. Экономия топлива на тракторах: монография / А.И. Якубович, Г.М. Кухаренок, В.Е. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2009. – 229 с.
2. Якубович, А.И. Направления экономии топлива при эксплуатации трактора / А.И. Якубович, В.Е. Тарасенко // Механика машин, механизмов и материалов. – 2008. – № 1(2). – С. 38–41.
3. Durković, R. Regression models of specific fuel consumption curves and characteristics of economic operation of internal combustion engines / R. Durković, M. Damjanović // Mechanical Engineering. – 2006. – Vol. 4, № 1. – pp. 17–26.
4. Кухаренок, Г.М. Теория рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания. Лабораторный практикум / Г.М. Кухаренок, А.Н. Петрученко, И.К. Русецкий. – Минск: БНТУ, 2005. – 55 с.
5. Крутов, В.И. Двигатель внутреннего сгорания как регулируемый объект / В.И. Крутов. – М.: Машиностроение, 1978. – 472 с.
6. Грехов, Л.В. Топливная аппаратура и системы управления дизелей: Учебник для вузов / Л.В. Грехов, Н.А. Иващенко, В.А. Марков. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 344 с.
7. Шумовский, В.А. Улучшение показателей транспортного дизеля путем совершенствования процессов распыливания топлива и смесеобразования: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / В.А. Шумовский. – Москва, 2016. – 165 с.
8. Durković R.: Matematical models of tractor driving system and

traction efficiency / R. Durković, M. Damjanović // European Automotive Congress – EAEC 2005, Technical sessions powertrain, Beograd, 2005. – pp. 1–12.

**Abstract.** The article presents the estimation of the economical efficiency of the diesel engine Deutz BF06M1013FC of the tractor "BELARUS-3022DTS" and the choice of the optimal modes of its operation by constructing a universal multi-parameter characteristic. It is noted that the specific effective fuel consumption curves can be adequately described using the second-degree regression model as a function of the effective pressure and engine speed of the diesel crankshaft.

УДК 631.362 : 621.928.

**Барановский И.В.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук;  
**Колоско Д.Н.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Жилич Е.Л.**<sup>1</sup>, научный сотрудник;  
**Грищенко Д.Н.**<sup>2</sup>, магистрант

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

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

## **СОБЛЮДЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К МАШИНАМ ВТОРИЧНОЙ ОЧИСТКИ ЗЕРНА И СЕМЯН**

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены основные технологические и экологические требования при выполнении послеуборочной обработки на примере машины вторичной очистки зерна и семян МВО-12.

Разработка и производство отечественными предприятиями техники для послеуборочной обработки, хранения зерна и семян является важной задачей продовольственной безопасности страны с учетом поставленной перед сельскохозяйственными предприятиями республики увеличения валовых сборов зерна до 15 млн.т в амбарном весе. Даже

при валовом сборе около 10 млн.т зерна дефицит зерноочистительно-сушильных мощностей в составляет около 30% [1].

При вторичной обработке для получения семенного материала после первичной обработки зерно должно быть доведено до норм по чистоте, всхожести, выравненности в соответствии с действующими техническими нормативно-правовыми актами на семена сельскохозяйственных культур. К вторичной обработке зерна и семян относятся вторичная очистка, сортирование.

Характерной особенностью вторичной обработки семян является то, что ее основные операции не имеют строгой функциональной связи ни с уборкой, ни с первичной обработкой. Они не лимитированы сроками и могут выполняться в удобное время. Поэтому вторичная обработка проводится обычно в осенний и зимний периоды, и оборудование для подготовки семян должно размещаться в капитальных помещениях при поддержании положительной температуры воздуха.

При выполнении вторичной очистки обрабатываемый материал разделяется на фракции: семена, зерновые примеси, отходы. Оборудование должно доводить семенной материал по содержанию семян основной культуры до норм 1 класса стандарта; по содержанию других, в том числе сорных растений, до норм 2 класса стандарта на семена, кроме случаев засоренности семенного материала примесями, для выделения которых требуются триеры и специальные машины [2].

Лаборатория уборки и послеуборочной обработки зерна и семян РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с рядом отечественных предприятий осуществляет разработку технических средств для механизации послеуборочной обработки зерна и семян.

Одной из таких разработок является машина вторичной очистки МВО-12, отличительной особенностью которой является оптимальное сочетание пневмоэффекта и очистки зерна на решетках, высокая приспособляемость к очистке зерна различных культур за счет оперативной настройки рабочих органов.

В разрабатываемой машине применяется пневмосистема с двумя независимыми пневмосепарирующими каналами, позволяющая оперативно изменять скорости воздуха в каналах. Решетная очистка машины представляет собой два решетных стана с пятью решет-

ными поверхностями. Средняя решетчатая поверхность имеет обратный уклон. Такое сочетание решетчатых поверхностей позволяет настраивать очистку различных культур на максимальную пропускную способность с высоким качеством разделения по размерам.

Принципиальная схема МВО-12 представлена на рисунке 1.

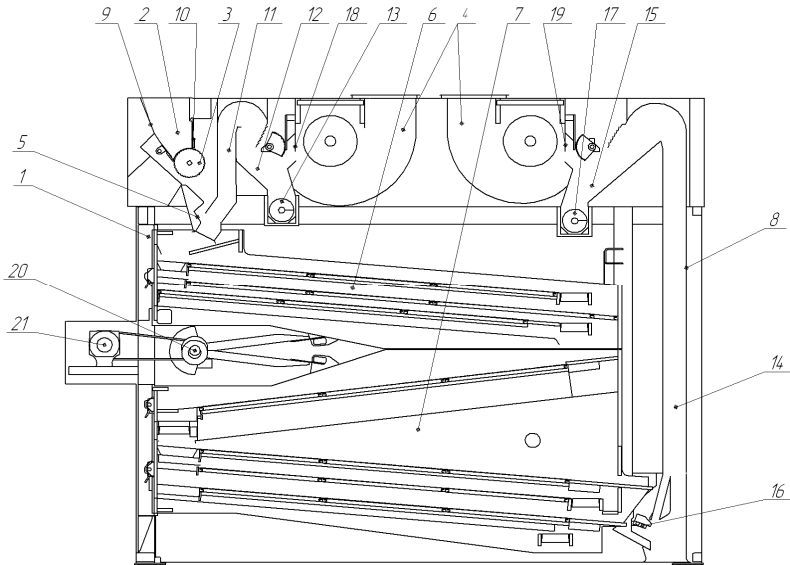


Рисунок 1 – Принципиальная схема машины вторичной очистки МВО-12  
1 – рама; 2 – загрузочное устройство; 3 – питающий валик; 4 – вентиляторы;  
5 – предварительный пневмосепаратор; 6 – верхний решетчатый стан;  
7 – нижний решетчатый стан; 8 – основной пневмосепаратор; 9 – бункер;  
10 – заслонка; 11 – канал предварительного пневмосепаратора;  
12, 15 – осадочные камеры; 13, 17 – шнеки выгрузные; 14 – канал основного пневмосепаратора; 16 – заслонка-дозатор; 18, 19 – заслонки; 20 – эксцентриковый вал;  
21 – мотор-редуктор привода эксцентрикового вала

Технологический процесс вторичной обработки происходит следующим образом. Исходный материал поступает в загрузочное устройство 2, откуда питающим валиком 3 подается в канал 11 предварительного пневмосепаратора 5.

Поток воздуха, создаваемый вентилятором 4, уносит лёгкие и пылевидные примеси в осадочную камеру 12. Осевшие в камере 12 частицы сбрасываются выгрузным шнеком 13 в трубопровод и выводятся из машины.

Зерновая масса, прошедшая через канал 11 предварительного пневмосепаратора, поступает на верхний решётный стан 6. Крупная фракция, идущая сходом с верхнего решета, сбрасывается в трубопровод и выводится из машины. Частицы проходowych размеров подаются на нижнее решето верхнего решётного стана, на котором из зернового материала выделяется мелкая фракция. Частицы, просеявшиеся через нижнее решето, направляются в трубопровод и выводятся из машины. Сходовая фракция нижнего решета верхнего решетного стана поступает на верхнее решето нижнего решетного стана, на котором также происходит выделение мелкой фракции из зернового материала. Затем зерновой материал делится на два равных потока и поступает на два нижних решета нижнего решетного стана, на которых происходит выделение из зернового материала мелких примесей, а также щуплого и дробленого зерна. Сходовая фракция с этих решет поступает в канал 14 основного пневмосепаратора 8, где за счет разрежения, создаваемого вентилятором, из неё удаляются легкие и пылевидные примеси и уносятся в осадочную камеру 15, а затем, посредством выгрузного шнека 17, сбрасываются в трубопровод и выводятся из машины.

В зависимости от очищаемой культуры и состояния обрабатываемого материала подбирают и устанавливают необходимые ситовые сегменты (согласно рекомендациям руководства по эксплуатации), устанавливают заслонку-дозатор в положение, соответствующее выбранному виду очистки, регулируют скорость воздушного потока в каналах предварительной и основной пневмосепарации.

На зернохранищих, зерноперерабатывающих предприятиях при всех операциях с зерном, с зерновыми и другими измельченными продуктами неизбежно образуется значительное количество органической и минеральной пыли. Она может находиться в свободном состоянии (легко отсеиваться) или быть физико-химически связанной с поверхностью обрабатываемых и перемещаемых продуктов. Так как скорость падения пылинок значительно меньше скорости падения зерновок, то высокодиспергированные частицы выносятся в окружающую среду потоками, вызываемыми движением зерна.

Выведение легких примесей в производственные помещения и окружающую атмосферу относят к труднолокализуемой вредности.

При разработке машины вторичной очистки учитывались значения предельно допустимой концентрации нетоксичной пыли в атмосферном воздухе около зернообрабатывающих предприятия;

максимальная разовая и средняя суточная концентрация соответственно равны 0,5 и 0,15 мг/м<sup>3</sup> воздуха [3]. В связи с этим выбросы пыли в атмосферу через сосредоточенные (трубы, дефлекторы) и рассредоточенные (открывающиеся проемы в зданиях) устройства не должны быть более 0,5 мг/м<sup>3</sup>. В воздухе, поступающем в здание через приемные отверстия естественной и искусственной приточной вентиляции и через системы кондиционирования, содержание пыли должно быть не более 30% от предельно допустимой концентрации для рабочей зоны производственного помещения.

Для улучшения санитарно-гигиенического режима в производственных помещениях и снижения потерь зерна и семян при хранении необходимо в первую очередь производить тщательную очистку зернового вороха от легких примесей современными пневмосистемами, имеющими высокую степень очистки пылевоздушного потока.

Предложенное техническое решение, заключающееся в оптимальном сочетании пневмоэффекта и очистки зерна на решетках; высокая приспособляемость к очистке зерна различных культур позволяет улучшить технологические и экологические показатели процесса вторичной очистки зерна и семян.

#### Список использованной литературы

1. Карташевич, С.М. Механизация процессов предварительной очистки зерна и семян. Монография / С.М. Карташевич – Минск : БелНИИМСХ, 2000.
2. Чеботарев, В. П. Низкотемпературная сушка и режимное хранение зерна / В. П. Чеботарев. – Минск: РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», 2010. – С. 55-62.
3. ГН РБ № 9-106-98 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны » № 9-106-98 от 22.12.1998 г.

**Abstract.** In this article the main technological and ecological requirements for performing postharvest processing on the example of the car of secondary purification of grain and seeds of MVO-12 are considered. The proposed engineering solution consisting in an optimum combination of pneumatic effect and purification of grain on sieves; high adaptability to purification of grain of various cultures allows to improve technological and ecological indicators of process of secondary purification of grain and seeds.

УДК 631.358

**Шогенов Ю.Х.**, доктор технических наук, заведующий Сектором механизации, электрификации и автоматизации Отделения сельскохозяйственных наук

*Российская академия наук (РАН), г. Москва, Российская Федерация*

**Ахалая Б.Х.**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

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

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УБОРКИ ПЛОДОВ ФРУКТОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ**

***Аннотация.** Рассмотрены разработанные новые механические садовые инструменты для снятия фруктовых плодов различного вида и размеров, как на высоте до 5 м, так и на уровне человеческого роста, позволяющие повысить производительность сбора урожая.*

В системе механизированного процесса возделывания фруктовых насаждений процесс уборки урожая является основным завершающим звеном. Создание семейства удобных в эксплуатации и обслуживании электромеханизированных технических средств, для неповреждающего снятия плодов является одним из важных звеньев для мобилизации и развития научно-технического потенциала агроинженерной науки [1-2].

Большое разнообразие фруктовых насаждений по сортам и видам, в системе механизированного процесса возделывания плодовых культур требует разработки новых плодовых электромеханизированных технических средств [2-3].

Важным звеном в цепи механизированного процесса возделывания плодовых культур служат разработки ФНАЦ ВИМ семейства механизированных и электромеханизированных технических устройств (с возможностью снятия плодов на высоте до 5 метров), новизна и эффективность которых подтверждена патентами. В на-

стоящей работе рассмотрены устройства для съема плодов механизированными устройствами.

Недостатками известных устройств является низкая производительность сбора плодов и неудобства в их эксплуатации. Во время работы не исключено повреждение руки сборщика, поддерживающий плод. Такими устройствами не предусмотрен съем плодов выше человеческого роста, т.е. на высоте 3-5м.

Целью разработки является повышение производительности, широкий диапазон уборки различных плодов, исключение повреждения плодов, обеспечение безопасности труда сборщиков и сбор плодов на высоте 3-5м.

В агроинженерном центре ВИМ разработаны устройства для снятия плодов различной модификации, одно из которых представлено на рисунке 1 [4] содержащее нож, опорную площадку 1, кольцо 2 с приемным мешком 3.

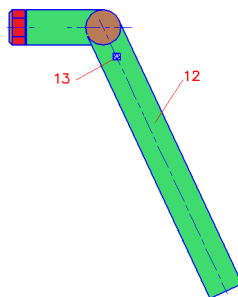
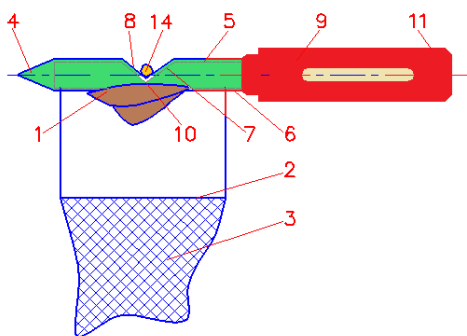


Рисунок 1 – Плодосъемник в сборе

Рисунок 2 – Шток

- 1 – опорная площадка; 2 – кольцо; 3 – приемный мешок; 4 – наконечник;  
5 и 6 – цилиндрические лезвия; 7 и 8 – режущие и противорежущие кромки;  
9 – рукоятка; 10 – V образные вырезы; 11 – резьбовая втулка; шток – 12,  
фиксатор – 13, 14 – плодоножка.

Наконечник плодосъемника 4 выполнен конусным, а нож - в виде двух 5 и 6 соосно размещенных цилиндрических лезвий, с режущей 7 и противорежущей 8 кромками, при этом режущее лезвие установлено на рукоятке 9 с возможностью поступательно – вращательного движения. Оба лезвия, на противоположной от опор-

ной площадки стороне, выполнены с *V* образными вырезами 10, а рабочая кромка режущего лезвия выполнена гиперболической, кольцо с приемным мешком закреплены на противорежущем цилиндрическом лезвии снизу.

Рукоятка плодосъемника снабжена резьбовой втулкой 11, на которой закреплен съемный шток 12 с фиксатором 13 (рисунок 2).

Во время работы сборщик подносит плодосъемник при помощи штока к плодоножке плода, размещенному на высоте 3...5 м, со стороны *V* образного выреза и вращает штоком рукоятку вместе с жестко закрепленным на ней режущим лезвием против часовой стрелки. Опорная площадка упирается в плод, режущее лезвие, расположенное внутри противорежущего лезвия, срезает плодоножку. Срезанные плоды погружаются в мешок, примерно 2...3 кг, в зависимости от размеров плода. После этого рабочий мешок с плодами переносит в специальный контейнер. Шток позволяет изменять его длину, и снабжен фиксатором для изменения угла его наклона по отношению к оси плодосъемника, для удобства уборщика во время передвижения.

При уборке плодов на небольшой высоте, уборщик работает со снятым мешком и без штока.

Смещением штока на незначительное расстояние происходит вращение рукоятки, при этом срезается плодоножка, поскольку для этого режущему лезвию достаточно пройти малое расстояние, примерно 15-20 мм.

Наконечник выполнен конусной формы для свободного проникновения плодосъемника между ветвями к плодоножке.

Рабочая кромка цилиндрического лезвия выбрана гиперболической формы для плавного, с наименьшим сопротивлением и надежного среза плодоножки.

Должное внимание уделяется высеву в междурядьях плодового сада покровных культур, высеваемых для поддержания определенного режима почвы, для этой цели используются пневматические высевальные аппараты различной конструкции, создаваемые в ВИМе [5-7].

Садовый инструмент [8-9] для снятия плодов на небольшой высоте представлен на рис.3, который содержит рукоятку 1 с пластинами 2, курок 3 с пружиной кручения 4, закрепленным на ее конце,

корпус с двумя пластинами 5. Корпус снабжен упором 6 для курка 3 в средней части и ребристой опорой 7 под плодоножку 8, нож выполнен в виде установленного на оси 9 режущего диска 10, связанного тягой 11.

В процессе работы уборщик воздействует на курок и с помощью тяги приводит режущий диск во вращательное движение и срезает плодоножку, затем рабочий отпускает курок и при помощи пружины кручения курок возвращается в исходное положение.

Для удобства в работе рукоятка 1 ножа выполнена в виде двух боковых обрезиненных снаружи пластин, при этом опора 7 плодоножки ребристая для надежного ее зацепления.

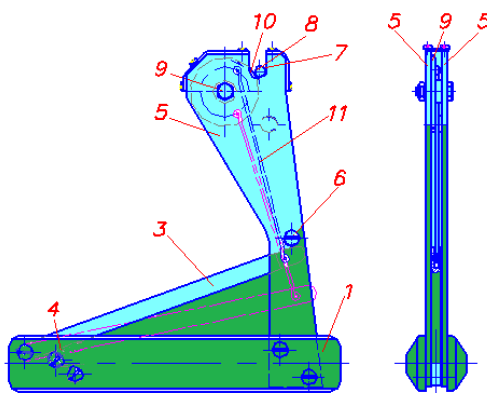


Рисунок 3 – Инструмент для снятия плодов

Инструмент для снятия плодов целесообразно использовать, к примеру, для уборки citrusовых плодов, так как плоды citrusовых растений крепко держатся на плодоножках и убирать их вручную нельзя, так как в этом случае нарушается целостность самого плода, кроме этого им удобно работать в виноградниковых садах.

Применение предлагаемых инструментов для снятия плодов позволит повысить производительность 1,5–2 раза, облегчить процесс съема плодов, расширить зону применения, исключить повреждение плодов и обеспечить безопасность труда сборщиков.

Список используемой литературы

1. Измайлов, А.Ю. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2016. – №5. – С.2–5. ISSN 2072-9642.
2. Гарист, А.В. Отчет Отделения сельскохозяйственных наук РАН о выполнении фундаментальных и поисковых научных исследований в 2016 году / А.В. Гарист, А.А. Алферов и [др]. – М.: ОСХН РАН. – 2017. – 472 с.
3. Завражнов, А.И. Разработка и внедрение инновационных технологий и технических средств для интенсивного садоводства России // Вестник Башкирского аграрного университета. – 2014. – №2. – С.75-78.
4. Пат. 160729 РФ. Устройство для снятия плодов / Измайлов А.Ю., Лобачевский Я.П., Ахалая Б.Х. // Бюл., 2016. – №9.
5. Ахалая, Б.Х. Модернизация пневматической сеялки // Сельскохозяйственные машины и технологии.– 2011. – №1. – С.35-36.
6. Пат №167694 РФ. Устройство для высева семян / Ахалая Б.Х., Шогенов Ю.Х., Уянаев Ю.Х., Солдаткин А. К., Грызунов С.В. // Бюл., 2017. – №1.
7. Ахалая, Б.Х. Агроэкологическая и энергетическая эффективность уплотненных посевов / Б.Х. Ахалая, А.П. Спиринов, О.А. Сизов // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве статьи: Сб. научн. тр 8-й Междунар. науч.-технич.конф. – М.: ВИЭСХ. – 2012. – С.78-82.
8. Ахалая, Б.Х. Садовый инструмент для съема плодов // Сельский механизатор. – 2016. – №8. – С.9-11.
9. Пат. 165588РФ. Механический плодосъемник. / Ахалая Б.Х. // Бюл., 2016. – № 30.

**Abstract.** The proposed new mechanical garden tools for removing fruit of various kinds as the height up to 5 m, and at the level of human growth, to enhance performance of harvest.

УДК 637.356.47.07

**Радишевский Г.А.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Портянко Г.Н.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Гурнович Н.П.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Белый С.Р.**, старший преподаватель;  
**Наркевич Д.В.**, студент

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

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ПРИЕМНОЙ ЧАСТИ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ ИЗ УСЛОВИЯ МИНИМАЛЬНОЙ ЗАГРУЗКИ СЕПАРИРУЮЩИХ ОРГАНОВ**

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы совершенствования приемной части картофелеуборочной машины, с целью уменьшения поступления подкопанного пласта на сепарирующие органы.*

Картофель относится к числу важнейших сельскохозяйственных культур. Его высокая продуктивность, питательная ценность и хорошая приспособляемость к условиям прорастания обусловили широкое распространение во многих странах.

В Республике Беларусь картофель является одной из основной возделываемой сельскохозяйственной культурой и одним из трудоемких процессов является уборка и частности подкапывание. В настоящее время в Республике Беларусь для уборки картофеля применяются картофелекопатели, позволяющие снизить затраты труда по сравнению с ручной обработкой в 3...5 раз.

Однако процесс подкапывания трудоемок так как клубни картофеля находятся под поверхностью почвы. Чтобы получить товарные клубни необходимо их отделить от большого количества почвы. При урожайности 20...30 т/га требуется подкопать и отсепарировать 1000...1500 тонн почвы с га, то есть содержание клубней составляет около 2 %. Кроме того, на процесс подкапывания оказывают ряд факторов, обуславливающих уборку: восприимчивость клубней к механическим воздействиям, неблагоприятные для

сепарации физико-механические свойства почвы (комковатость, пластичность, липкость, изменение свойств почвы в зависимости от влажности, а также наличие сорняков и других посторонних примесей). Значительно влияет на процесс подкапывания неровный рельеф и не прямолинейность рядков картофеля.

Одним из факторов, позволяющих уменьшить поступление подкопанного пласта на сепарирующие органы является обеспечение минимально допустимой глубины подкапывания.

Исследованиями установлено [1], что при увеличении глубины подкапывания на 3 см на сепарирующие органы поступает дополнительно 200 м<sup>3</sup> почвы с га.

В Республике Беларусь в производимых картофелеуборочных машинах для обеспечения устойчивости хода лемехов по глубине подкапывания используются катки, позволяющие сглаживать гребни копирующих рядков. Копирующие катки должны обеспечить подержание заданной глубины при допустимой нагрузке на почву [2].

Устанавливаемый на картофелеуборочные машины плоский лемех не может обеспечить минимально допустимый забор почвы. Поэтому вместо плоского лемеха целесообразно использовать секционный лемех. Применение секционного лемеха позволяет обеспечить лучшую сепарацию почвы, а также при наличии сорной растительности уменьшить вероятность забивания. Увеличение сепарирующей способности на секционном лемехе связано с тем, что при движении пласта по лемеху под действием силы тяжести происходит нарушение целостности подкопанного пласта почвы и часть его просыпается между секциями лемеха, и далее поступает на сепарирующие органы с нарушением связей между элементами.

С целью уменьшения забора почвы при подкапывании лемех должен быть в поперечном сечении выполнен по параболе, копирующей нижний профиль клубненосного гнезда. Используя метод наименьших квадратов и информацию по распределению клубней в клубненосном гнезде в поперечном сечении установлена зависимость характеризующая расположение нижней части клубненосного гнезда, контактирующего с лемехом ( $h$  – высота клубненосного гнезда) [3].

$$X = -0,03h^2 - 1,52h + 4,13.$$

Площадь поперечного клубневого гнезда

$$S_{\Gamma} = \int_{h_{\min}}^{h_{\max}} (-0.23h^2 - 0,75h + 3,64).$$

По параметрам  $X$  и  $S_{\Gamma}$  характеризующие форму клубневого гнезда можно выбирать параметры секционного лемеха, обеспечивающего минимальный забор почвы при подкапывании.

#### Список использованной литературы

1. Seidel, D. Mlichkeiten und Einrichtungen zur Klutentrennung in Kartoffelerntemaschinen / D.Seidel, N. Adermann // Agrotechnik. – 1996. – №1. – s. 14-17.
2. Соркин, А.А. Исследование взаимодействия копирующих катков картофелеуборочных машин с почвой. / А.А. Соркин, Н.Г. Байбаков, Н.М. Юлдашев // – Тракторы и сельхозмашины. – 1996. – № 7. – С.25-27.
3. Ifsinski, B. Nowosci w budowie kombajnow do zbioru ziemniakow / B. Ifsinski, A. Szeptycki // Maszyny I ciagniki rolnicze. – 2011. – № 10-11. – str. 14-18.

**Abstract.** The article deals with the improvement of the receiving part of the potato harvesting machine, in order to reduce the inflow of the dug up layer onto the separating organs.

УДК 631.358

**Шило И.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Нукешев С.О.<sup>2</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;  
**Сашко К.В.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Есипов С.В.<sup>1</sup>**, студент

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

<sup>2</sup>АО «Казахский агротехнический университет имени С.Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан

## **ПОДБОРЩИК-ПОГРУЗЧИК ПЛОДОВ БАХЧЕВЫХ КУЛЬТУР**

***Аннотация.** Технологии возделывания и уборки бахчевых включают операции, традиционно выполняемые во всех регионах полностью или частично вручную. Большая часть затрат ручного труда приходится на прополку посевов бахчевых и уборку урожая. Предложена оригинальная конструкция подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур, использование которого позволит повысить его производительность.*

Современное сельскохозяйственное производство требует решения проблем повышения урожайности сельскохозяйственных культур на основе ресурсосберегающих почвозащитных технологий, обеспечивающих комплексную механизацию всех технологических операций при значительном снижении энергетических затрат с сохранением эффективного и потенциального плодородия почвы [1]. Особую актуальность имеет проблема снижения или полного исключения доли ручного труда при выполнении наиболее трудоемких технологических операций.

Однако, при выращивании таких культур как овощные, бахчевые, плодовые, ягодные и им подобные полностью исключить ручной труд при современном уровне развития сельскохозяйственной техники невозможно. Это связано со специфическими свойствами не только самих растений, но и

плодов. Технологии возделывания и уборки бахчевых включают операции, выполняемые полностью или частично вручную. Большая часть затрат ручного труда приходится на прополку посевов бахчевых и уборку урожая.

Основное отличие растений бахчевых от других культур в том, что по мере развития они стелются по поверхности поля и тем самым затрудняют применение машин для механизации уборки плодов.

Уборка плодов бахчевых культур является одной из самых трудоемких технологических операций в бахчеводстве, а затраты на ее выполнение составляют до 50% от общего объема затрат. Анализ известных конструкторских решений, результаты лабораторных и полевых испытаний экспериментальных бахчеуборочных машин показывает, что до настоящего времени не создан подборщик плодов бахчевых культур на продовольственные цели для сплошной уборки, обеспечивающий минимальное их повреждение [1].

Целью данных исследований явилась разработка конструкции подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур, использование которого позволит повысить его производительность.

Проведенный литературный и патентный поиск показал, что известны подборщики бахчевых культур [2-7].

Их недостатками являются: низкая техническая надежность, малая производительность, большие потери [2], сложность конструкции, низкая надежность подбора плодов, их механические повреждения в момент захвата и транспортирования, а также отсутствие возможности подбора только стандартных плодов [3], травмирование плодов при соударении от правого и левого питателей, несовершенство конструкции при агрегатировании с трактором, отсутствие возможности отбора плодов под стандартный размер [4], травмирование плодов вкатывателем, отсутствие возможности подбора плодов минимальных размеров, так как размер ячейки больше размера плодов и охвата транспортерной лентой цепного контура, что конструктивно не возможно [5], низкая производительность из-за ограниченной ширины захвата, травмирование плодов вкатывателем, а также травмирование лопастями плодов, которые сгруживаются вкатывателем перед захватывающе-транспортирующим устройством [6], низкая производительность, так как гибкие

треугольные лопасти не могут в полной мере захватывать и транспортировать все плоды различных размеров [7].

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур [8] (рисунок 1: а) общий вид; б) вид сверху; в) сечение А-А).

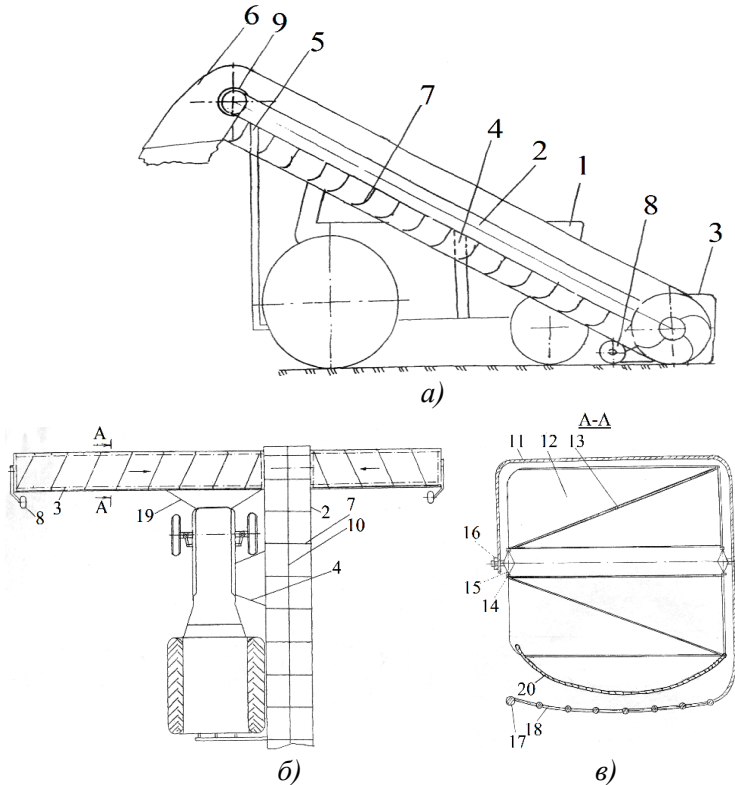


Рисунок 1 – Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур

Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур включает трактор 1, захватывающе-транспортирующее устройство 2, вкатыватель 3, которые закреплены с помощью навесных устройств 4, 5 к трактору 1. Захватывающе-транспортирующее устройство 2 оборудовано

укладчиком плодов 6 и имеет гибкие плодозахватывающие лопасти 7, выполненные криволинейными и имеющими каркас, разделяющий транспортный контур на два ручья.

Вкатыватель 3 опирается на копирующие колеса 8. Привод транспортного контура захватывающе-транспортного устройства 2 выполнен от гидромотора 9. К средней части каркаса захватывающе-транспортного устройства 2 закреплена эластичная перегородка 10. Вкатыватель 3 включает □-образный каркас 11, в котором установлены эластичные лопасти 12, выполненные в виде прямоугольного треугольника, закрепленные к треугольному каркасу 13, выполненному из упругоэластичного материала в виде прямоугольного треугольника с острой вершиной, направленной в сторону направления движения. Гипотенузы треугольного каркаса 13 и треугольной лопасти 12 совпадают, а их вертикальные и горизонтальные катеты параллельны друг другу, при этом треугольные лопасти установлены под углом к направлению движения, обеспечивающим транспортирование плодов к захватывающе-транспортному устройству без выпадения из вкатывателя. Треугольные каркасы 13 закреплены к цепному контуру 14, цепи которого зафиксированы на опорных звездочках 15, закрепленных на осях 16 к боковинам каркаса 11. К каждой эластичной треугольной лопасти 12 по краям её горизонтальной стороны закреплена с возможностью свободного провисания верёвка 20, свободная провисающая длина которой в 1,1-1,2 раза больше длины горизонтальной стороны эластичной треугольной лопасти 12.

Нижняя полка □-образного каркаса выполнена решетчатой, состоящей из продольных 17 и поперечных прутьев 18. Копирование рельефа поля вкатывателем 3 обеспечено шарнирной навеской 19. Продольные прутья 17 круглой формы имеют снаружи эластичное покрытие, а толщина продольных прутьев 17 больше толщины поперечных прутьев 18. Расстояние между продольными прутьями 17 принято из условия предотвращения касания плодов поперечных прутьев 18. Расстояние между эластичными лопастями 12 должно быть больше диаметра самых крупных подбираемых плодов. Привод захватывающе-транспортного устройства и цепочно-планчатых транспортеров вкатывателя осуществляется от гидромоторов.

Работает подборщик-погрузчик следующим образом.

При движении по полю плоды перекатываются через встречные продольные прутья 17, захватываются лопастями 12 и закреплёнными на них свободно провисающими верёвками 20, которые за счет угла установки к направлению движения перемещают их во внутреннюю полость □-образного каркаса 11. Далее плоды перекатываются по продольным прутьям 17 к захватывающе-транспортирующему устройству 2. Гибкие лопасти 7 захватывают плоды и подают их к укладчику плодов 6. При перекатывании плодов по прутьям 17, покрытым эластичным материалом, предотвращается травмирование плодов, повышается производительность и эксплуатационная надежность.

#### Список использованной литературы

1. Мутулов, В.Н. Совершенствование технологии уборки и разработка конструкции транспортерного подборщика-погрузчика плодов бахчевых культур : дис. ... кандидата технических наук : 05.20.01 / В.Н. Мутулов. – Волгоград, 2007. – 174 с.
2. Авторское свидетельство SU №397154, М.Кл. А01D 45/00, А01D 51/00.
3. Авторское свидетельство SU №886803, М.Кл. А01D 45/00.
4. Авторское свидетельство SU №1588307, М.Кл5 А01D 45/00.
5. Патент РФ №2262224, МПК7 А01D 51/00.
6. Патент РФ №2340158, МПК А01D 51/00, А01D 45/00.
7. Патент РФ №2428000, МПК А01D 51/00, А01D 45/00.
8. Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур : патент 9632 U Респ. Беларусь, МПК А 01D 51/00 ; А 01D 45/00 / И.Н.Шило (BY), Н.Н.Романюк (BY), В.А. Агейчик (BY), С.О. Нукешев (KZ), Д.З. Есхожин (KZ), С.К. Тойгамбаев (KZ) ; заявитель Белорус. гос. аграр. техн. ун-т. – № и 20130336 ; заявл. 15.04.2013; опубл. 30.10.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2013. – № 5. – С.151–152.

**Abstract.** Technologies of cultivation and cleaning of melon include the operations which are traditionally carried out in all regions in whole or in part manually. The most part of expenses of manual skills are the share of weeding of crops melon and harvesting. The original design of a sorter loader of fruits of melon cultures which use will allow to increase its productivity is offered.

УДК 631.17.45:29

**Радишевский Г.А.**, кандидат технических наук, доцент;

**Белый С.Р.**, старший преподаватель;

**Наркевич Д.В.**, студент;

**Журавский Е.Ю.**, студент

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

## **РАЗМЕРНО-МАССОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРНЕПЛОДОВ МОРКОВИ, КАК ОСНОВАНИЕ ДЛЯ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СОРТИРОВАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

***Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос влияния размерно-массовые характеристики корнеплодов моркови на качество разделения на фракции на сортировальных поверхностях.*

Уборка моркови является трудоёмким процессом и одной особенностью является необходимость проводить уборку в сжатые сроки с целью обеспечения закладки на хранение при заданном сроке хранения.

В настоящее время при подготовке на хранение внедряется средства механизация позволяющие снизить затраты труда в 3...5 раз на сортировку корнеплодов. Однако опыт эксплуатации уборочных и сортировальных машин выявил недостаточную надёжность и нанесение повреждений корнеплодам на сортировальных поверхностях [1].

Существуют два способа уборки корнеплодов: тереблением плодов за ботву и подкапыванием их вместе с почвенным пластом.

Анализ агротехнических и физико-механических характеристик растений моркови показывает, что морковь наиболее целесообразно убирать машинным способом только при использовании принципа уборки, основанного на подкапывании пласта с клубнями и последующей сепарации их от почвы и разделение клубней на фракции на сортировальных пунктах.

В процессе механизированной уборки моркови важнейшей задачей является отделение клубней от почвенных комков и выделение товарной фракции. Рабочие органы сортировальных машин разделяют поступающий ворох в основном по геометрическим размерам и фрикционным свойствам клубней и комков почвы.

Физико-механические свойства корнеплодов зависят от сорта моркови, условий выращивания и почвенно-климатической зоны. Масса и размер корнеплодов находятся в прямой зависимости от урожайности. Чем она выше, тем крупнее корнеплоды.

Живая ткань корнеплода может разрушаться при статических нагрузках или динамическом воздействии на него. Среднее усилие раздавливания колеблется в пределах 511...987 Н. При динамической нагрузке повреждение клубней зависит от материала поверхности и скорости удара. Предельные скорости при ударе: о металлическую решетку – 1,4... 1,7 м/с; о гладкую металлическую решетку – 2,2...3,1 м/с; о супесчаную почву 6,2 – м/с. прочность клубней увеличивается по мере их созревания [2].

Для сортирования моркови на фракции применяются рабочие сортировальные поверхности: роликовые, транспортные (ременные и сетчатые) грохотные (решётные), барабанные (ротационные) и комбинированные.

Сортирующий рабочий орган может состоять из одного или нескольких участков, отличающихся один от другого размерами калибрующих отверстий. На каждом участке в общем случае происходит разделение корнеплода на два класса. Более крупные фракции сходят с сортирующего органа, а мелкая фракция проходит через калибрующее отверстие.

Возможны два способа выделения фракций – последовательный и параллельный. Большинство машин с грохотным сортирующим рабочим органом осуществляют параллельное выделение фракций, а транспортерные и роликовые машины - последовательное.

Независимо от способа выделения фракций производительность участка сортирующей поверхности прямо пропорциональна его ширине, длине, суммарной площади калибрующих отверстий, количеству слоёв корнеплодов в начале участка и обратно пропорциональна площади всего участка и точности сортирования.

Качественную оценку работы сортировок и их отдельных рабочих органов оценивают по точности разделения, степени повреждаемости корнеплодов и их производительности. Эти показатели

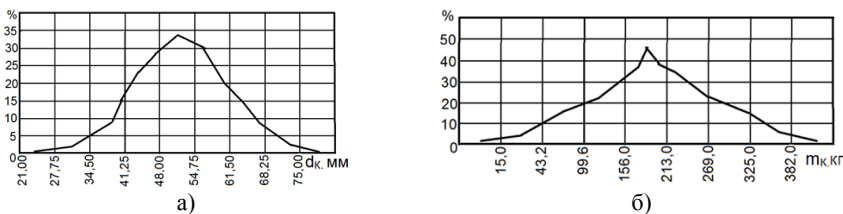
зависят от условий работы, интенсивности поступления корнеплода в машину, его засоренности, варьирования состава сортируемой моркови.

Однако учитывая продолговатую форму корнеплодов моркови для разделения на фракции наиболее оптимальной является ременная поверхность с переменным расстоянием между элементами поверхности.

Этот рабочий орган обладает высокой производительностью, мало повреждает корнеплоды моркови, имеет возможность изменить скорость движения ремней за счёт применения шкивов различного диаметра приводного вала и позволяет обеспечить упорядоченное расположение клубней, что способствует снижению повреждаемости корнеплодов в процессе разделения на фракции [3].

Для выбора типа сортировальной основным параметром является значения размерно-массовых характеристика корнеплодов моркови. Для установления размерно-массовых характеристик корнеплодов моркови были проведены измерения 500 корнеплодов: массы, диаметра, длины и расстояния от головки корнеплода до центра тяжести, и проведена статистическая обработка результатов измерений.

В результате измерений и последующей математической обработки установлено: частота распределения значений диаметра корнеплодов (рисунок 1,а); значений массы корнеплодов (рисунок 1,б), распределения значения расстояния от центра тяжести до конца корнеплода (рисунок 2,а), частота распределения значения отношения расстояния от конца до центра тяжести к общей длине корнеплодов моркови (рисунок 2,б)



а) - частота распределения значений диаметра корнеплодов;  
 б) - частота распределения значений массы корнеплодов

Рисунок 1

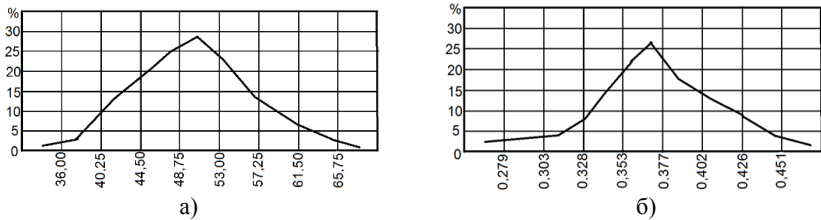


Рисунок 2

В результате анализа физико-механических свойств корнеплодов моркови установлено, что наиболее эффективным признаком, по которому следует разделять морковь на фракции является диаметр.

Согласно требований на хранение закладывается морковь диаметром 30...50 мм, как установили исследования составляет 41,22 % от общего объема

#### Список использованной литературы

1. Сазонова, Л.В. Корнеплодные растения: морковь, сельдерей, петрушка, пастернак / Л. В. Сазонова, Э.А. Власова – М: Агропромиздат, 1990. – 134 с.
2. Сазонова, Л.В. Как вырастить и сохранить морковь в Нечерноземной зоне РСФСР / Л.В. Сазонова. – М: Агропромиздат, 1994. – 79 с.
3. Колчин, Н.Н. Комплексы машин и оборудования для послеуборочной обработки картофеля и овощей / Н.Н. Колчин. – М: Машиностроение, 1982 – 286 с.

**Abstract.** The article considers the influence of the size and mass characteristics of carrot roots on the quality of separation into fractions on sorting surfaces

УДК 631.358

**Шило И.Н.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Ким Н.П.<sup>2</sup>**, доктор педагогических наук, профессор;  
**Кушнир В.Г.<sup>2</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;  
**Есипов С.В.<sup>1</sup>**, студент

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

<sup>2</sup>Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Костанайский государственный университет им. Байтурсынова», г. Костанай, Республика Казахстан

## **ОРИГИНАЛЬНЫЙ ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПОДБОРЩИК ПЛОДОВ С ЗЕМЛИ**

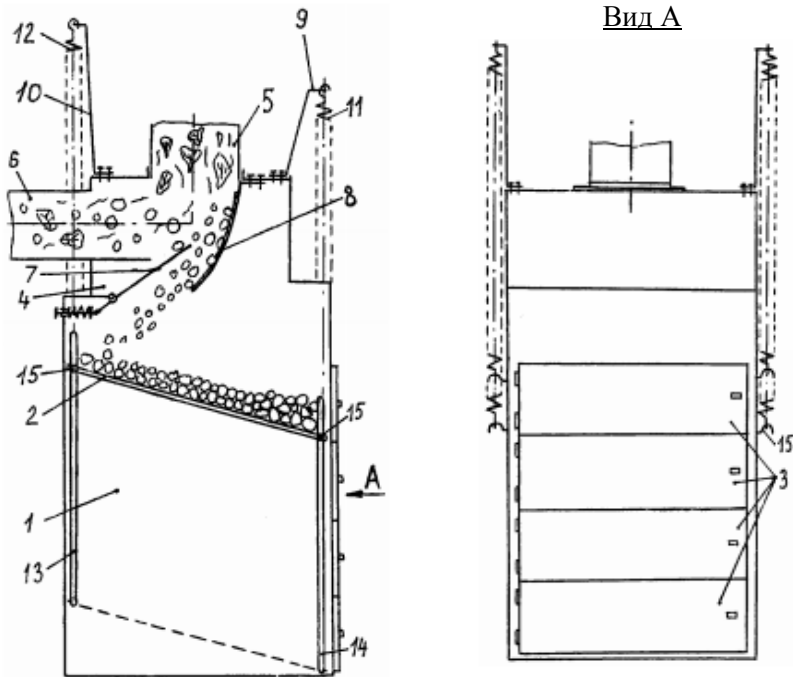
***Аннотация.** Предложена оригинальная конструкция машины для подбора плодов с земли. Приведено теоретическое обоснование параметров воздушного потока.*

Первой операцией при любой технологии уборки является подбор плодов с земли. Для подбора плодов, как принудительно снятых на землю, так и падалицы, используют пневматические, игольчатые и механические подборщики.

В Белорусском государственном аграрном техническом университете разработана оригинальная конструкция машины [1] для подбора плодов с земли (рисунок 1).

Вытяжной вентилятор создает разрежение воздуха в заборном устройстве и присоединенной к нему горизонтальной трубе 6, вследствие чего в нее поступает ворох, содержащий плоды, листья и другие растительные остатки.

Листья и растительные остатки, вследствие своего малого удельного веса и большой парусности, втягиваются в установленное на крышке гнездо 5 для вытяжного вентилятора и, пройдя через вытяжной вентилятор, выбрасываются на поверхность поля, удобряя после оборота пласта плугом и перегнивания почвенный слой.



- 1 – бак, 2 – подвижное дно, 3 – заслонка, 4 – прямоугольный параллелепипед,  
 5 – гнездо для вытяжного вентилятора, 6 – горизонтальная труба,  
 7 – подвижная направляющая, 8 – неподвижная направляющая,  
 9, 10 – кронштейны, 11, 12 – пружины растяжения, 13, 14 – вертикальные пазы,  
 15 – стержни с крючками

Рисунок 1 – Машина для подбора плодов с земли

Плоды встречаются с подпружиненной подвижной направляющей 7 и несколько уменьшают свою скорость вследствие косого мягкого удара о нее.

Далее плоды соударяются с пористым амортизационным покрытием неподвижной направляющей 8 и скатываются по ней в бак 1. В начальный период работы машины при отсутствии в баке 1 плодов его подвижное дно 2 под воздействием прикрепленных к подвижному дну 2 и установленных в вертикальных пазах 13 и 14 стержней с крючками 15, соединенных с подобранными по

жесткости в соответствии с удельным весом плодов пружинами растяжения 11 и 12, находится в верхнем наклонном положении, при котором высота падения на подвижное дно 2 минимальна и не может причинить повреждения плодам.

По мере наполнения плодами бака 1 подвижное дно вследствие растяжения пружин 11 и 12 под действием веса плодов опускается, сохраняя безопасную высоту падения плодов на их нижележащий слой. При наполнении бака 1 подвижное дно 2 находится в нижнем положении, а пружины 11 и 12 максимально растянуты. Машина останавливается, и выгрузка плодов начинается с открытия верхней секции заслонки 3 и по мере опорожнения бака 1 осуществляется последовательным открытием нижележащих секций заслонки 3.

При такой последовательности открытия секций заслонки 3 достигается наименьшая повреждаемость плодов, так как при опорожнении бака 1 они не подвергаются деформирующему воздействию вышележащих слоев. После полного опорожнения бака 1 подвижное дно 2 под воздействием пружин 11 и 12 возвращается в верхнее наклонное к заслонке 3 положение, а ее секции закрываются.

Машина готова к дальнейшей работе.

При пневматическом подборе плодов (рисунок 2) [2, 3] конечная скорость восходящего воздушного потока  $v_r$  должна быть достаточной для поднятия максимального количества плодов, расположенных на земле.

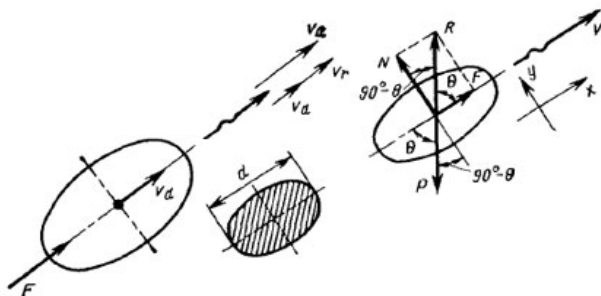


Рисунок 2 – Схема сил, действующих на плод, при пневматическом подборе

При этом векторы скоростей воздушного потока  $v_a$ , витания плода  $v_d$  и конечной скорости  $v_r$  и сами скорости должны находиться в следующей зависимости:

$$\bar{v}_r = \bar{v}_a - \bar{v}_d > 0, \bar{v}_r = v_a - v_d > 0. \quad (1)$$

Из рисунка 1 видно, что

$$R \cos \theta - P \cos \theta = 0, \quad (2)$$

в свою очередь

$$R \cos \theta = c_r \rho_B v_r^2 S, \quad (3)$$

где  $R$  – сила, действующая на плод;  $P$  – сила тяжести;  $\theta$  – угол наклона воздушного потока;  $c_r$  – коэффициент аэродинамического сопротивления плода;  $v_r$  – плотность воздуха;  $v_r$  – скорость воздушного потока;  $S$  – миделево сечение плода.

Из уравнений 2 и 3 следует, что

$$P \cos \theta = c_r \rho_B v_r^2 S. \quad (4)$$

С учетом вышеизложенного,  $v_r$  и  $v_a$  будут равны

$$v_r = \sqrt{\cos \theta} \sqrt{\frac{P}{c_r \rho_B S}}; v_a = v_d + \sqrt{\cos \theta} \sqrt{\frac{P}{c_r \rho_B S}} \quad (5)$$

Минимальное значение скорости воздушного потока  $v_r$ , достаточное для подбора плодов, получается при малом отношении массы к миделеву сечению плода. Плоды, отвечающие этому требованию, наиболее легко подбираются с земли пневматическими устройствами. При этом сор с земли будет захватываться в минимальных количествах.

#### Список использованной литературы

1. Патент РФ 3599, МПК А 01D 51/00, 2006.
2. Пневматические подборщики. [Электронный ресурс]: Режим доступа: [http://www.newtechagro.ru/inform2/pnevmaticheskie\\_podborshiki.html](http://www.newtechagro.ru/inform2/pnevmaticheskie_podborshiki.html). Дата доступа: 26.02.2017.
3. Варламов, Г.П. Машины для уборки фруктов / Г.П. Варламов. – М. : Машиностроение, 1978. – 216 с.

**Abstract.** The original machine design for selection of fruits from the earth is offered. Theoretical justification of parameters of an air flow is given.

УДК 631.243.42 : 628.8

**Гируцкий И.И.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, доцент;

**Клыбик В.К.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук;

**Жур А.А.**<sup>1</sup>, старший преподаватель

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

<sup>2</sup>РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Республика Беларусь

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ВНЕДРЕНИИ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩАХ**

**Аннотация.** Создан отечественный комплект оборудования для обеспечения микроклимата в картофелехранилищах.

**Ключевые слова:** хранение, микроклимат, картофель.

**Введение.** Картофель – одна из самых доходных сельскохозяйственных культур. В некоторых хозяйствах РФ рентабельность картофелеводства достигает 300%. Однако это культура предъявляет серьезные требования, как к технологиям производства, так и хранения. В Республике Беларусь ежегодно собирают свыше 1 млн. тонн картофеля и для его хранения требуются картофелехранилища, оснащенные современным оборудованием для обеспечения оптимальных температурно-влажностных режимов хранения картофеля. В настоящее время технологии и оборудование для хранения картофеля, включая микропроцессорные системы управления климатом, производят несколько компаний. На рынке стран СНГ представлена продукция голландских фирм Tolsma, Omnivent и Ventiterm, финской A-lab, немецких Gaugel и Grimme, американских JVI, GMC, VTU, российских ЦКБ-агро и ООО «ПК-Интех», НПО «Агро-климатмаш», ВНИИ картофельного хозяйства и др. Выполняемые ими функции сходны, однако и аппаратно, и программно они не унифицированы. Поставщики зарубежного оборудования, с учетом требований импортозамещения, идут на сборку

или изготовление материалоемких компонентов оборудования на территории Республики Беларусь, однако наиболее сложную и дорогую составляющую, компьютеризированную систему управления, в программном обеспечении которой закладываются знания о технологии и параметрах хранения картофеля оставляют за собой.

**Материалы и методы исследований.** Для обеспечения строящихся и реконструируемых картофелехранилищ отечественным оборудованием и избегания интеллектуальной зависимости от технологий западных производителей была осуществлена комплексная разработка комплекта оборудования с компьютеризированной системой управления для обеспечения микроклимата. Сохранение высокого качества и обеспечение минимально допустимых неизбежных потерь возможно лишь при эффективном регулировании температурно-влажностных режимов, соответствующих каждому периоду хранения: просушиванию, периоду охлаждения, периоду хранения. В комплект оборудования входят модельный ряд осевых вентиляторов, производительностью 20000, 40000 и 60000 м<sup>3</sup>/час, набор энергосберегающих клапанов типа «форточка» с интеллектуальным приводом, антиконденсатные вентиляторы, а также, компьютеризированная система управления с сенсорной панелью оператора и возможностью удаленного контроля и управления с использованием глобальной сети Интернет [1, 2].

Контроль и управление процессом хранения картофеля осуществляется с помощью датчиков температуры, влажности, установленные в насыпи продукта, в вентиляционных каналах и в подполочном пространстве. Показания всех датчиков выводятся на дисплей панель-контроллера, а также через определенный промежуток времени записываются в архив. В случае подключения панель-контроллера к сети Интернет возможен просмотр архива и текущих показаний датчиков, управление исполнительными механизмами, задание настроек режимов хранения картофеля с любого удаленного подключенного к сети компьютера.

При включении контроллерного шкафа управления высвечивается «главное окно» управляющей программы, на котором располагается общая информация (рисунки 1).



Рисунок 1 – Начальное окно

Из начального окна (см. рисунок 1) путем нажатия на сенсорную клавишу «Температура» осуществляется переход в окно отображения показаний датчиков температуры и влажности на улице, в вентиляционных камерах, насыпи картофеля и пультавой.



Рисунок 2 – Окно контроля температурных показаний датчиков

Из начального окна (см. рисунок 1) путем нажатия на сенсорную кнопку «Автомат» осуществляется переход в окно задания параметров режимов автоматической сушки, охлаждения или хранения картофеля (рисунок 3).



Рисунок 3 – Окно задания и контроля режимов хранения картофеля

**Результаты и их обсуждение.** Разработанный комплект оборудования с гибким программным обеспечением позволяет реализовать все возможные режимы и технологические схемы вентиляции картофеля, как централизованные, так и распределенные. Параллельно с разработкой с 2011 г. началось внедрение отечественного оборудования с собственным программным обеспечением. В 2011 – 2016 г.г. были изготовлены и внедрены 20 комплектов оборудования для картофелехранилищ различных архитектурных решений вместимостью от 1000 тонн до 10000 тонн. Опыт эксплуатации подтвердил правильность основных технических решений и высокую надежность оборудования [3]. С учетом опыта эксплуатации и пожеланий потребителей осуществляется непрерывное усовершенствование программного обеспечения системы управления и конструктивных параметров оборудования. Интуитивно понятный интерфейс позволяет быстро осуществлять обучение персонала картофелехранилищ.

### Заключение

1. Разработан отечественный комплект оборудования для обеспечения микроклимата в картофелехранилищах, удовлетворяющий современным требованиям.

2. Непрерывная связь разработчиков и пользователей позволила создать конкурентоспособную наукоемкую продукцию с перспективой выхода на рынок Российской Федерации, Казахстана и других стран.

### Список использованной литературы

1. Самосюк, В.Г. Белорусский микроклимат для картофеля / В.Г. Самосюк, И.И. Гируцкий, С.В. Крылов // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – №7. – С. 91-96.

2. Гируцкий, И.И. Алгоритмическое и программное обеспечение компьютеризированной системы создания микроклимата в картофелехранилище. [Текст] / И.И. Гируцкий, Ю.А. Кислый, А.И. Лобкович // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы Международной научн.-практич. конф. (Минск, 19-20 окт. 2011 г). – С. 32-36.

3. Протокол № 098 Б 1/8-2015 НЦ приемочных испытаний комплекта оборудования для обеспечения микроклимата в хранилище арочного типа. ИЦ ГУ «Белорусская МИС». – 74 с.

**Abstract.** The home complete set of equipment is created for providing of microclimate in the depositories of potato

**Keywords:** storage, microclimate, potato.

УДК 631.173.6

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

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

**Клавсуть П.В.**, старший преподаватель

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

## **ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ХРАНЕНИЯ ТЕХНИКИ**

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы организации услуг по обеспечению хранения сельскохозяйственной техники предприятиями агросервиса. Предложено оборудование для подготовки машин к хранению и снятия их с хранения.*

Основу парка сельхозмашин РБ составляют современные высокотехнологические и дорогостоящие машины. Большинство из этих машин находятся в интенсивной эксплуатации только 150...300 часов в году. В остальное время требуется организовать хранение машин с минимальными затратами труда и средств и с использованием современных технологий защиты.

По данным МСХП РБ [1] для современного МТП проблемой остаются простые сельхозмашин в рабочий период по техническим причинам, связанные в большей мере с некачественной постановкой на хранение. Ресурс техники в целом также во многом определяется технологией хранения техники.

При длительном хранении сельскохозяйственной техники при нарушении технологии ее хранения снижается прочность деталей из металлов вследствие уменьшения их сечения и поверхностной структуры из-за коррозии. Ухудшаются технические характеристики деталей из неметаллических материалов по причине структурных превращений (старения) материала. Например, усталостная прочность незащищенных тонколистовых сталей Ст.3 и Ст.08 при действии на них коррозионной среды и циклических напряжений растяжения и изгиба снижается на 45...50%, скорость старения саженаполненных резин под воздействием солнечной радиации увеличивается до 5 раз. Теряется работоспособность механических

узлов и электрических компонентов вследствие окислительных процессов в точных сопряжениях и на контактах. Изменяются геометрические размеры деталей, находящихся под статической нагрузкой длительное время вследствие остаточных деформаций деталей. Низкое качество хранения машин является одной из значимых причин увеличения на 35...50% затрат на поддержание работоспособности машинно-тракторного парка.

Хранение сельскохозяйственных машин рассматривается как комплекс организационных, экономических и технологических мероприятий и операций, позволяющих свести к минимуму или практически исключить вредные разрушающие воздействия окружающей среды, механических нагрузок и деформаций, которым подвержены машины и оборудование в нерабочий период. Эти мероприятия являются составной частью действующей планово-предупредительной системы технического обслуживания МТП и дополнительно включают операции по ремонту и техническому обслуживанию машин, обеспечивающие их полную готовность к эксплуатации на момент снятия с хранения.

Полный объем технологических мероприятий по хранению и должное их качество, соответствующее нормативным требованиям ГОСТ 7751-2009 [2], может быть обеспечено следующим:

- наличием в зоне хранения машин открытых площадок, закрытых помещений и складов для хранения машин и снятых узлов требуемой площади и с нужными характеристиками;
- наличием учетных документов по хранению и технологических карт на хранение каждого наименования машин;
- наличием полного перечня оборудования по очистке машин, антикоррозионной обработке, подставок под машины, оборудования для установки машин на подставки, расходных материалов;
- наличием трудовых ресурсов и их должной квалификации для проведения работ;
- применением инновационных технологий защиты сельскохозяйственных машин.

Современные сельскохозяйственные предприятия ограничены в своих возможностях по организации хранения техники – недостаточно закрытых помещений с возможностью поддержания влажности не выше 65%, имеющиеся трудовые ресурсы с должной квали-

фикацией заняты на основном производстве и не могут выполнить требуемый объем работ с нужным качеством, наличие в хозяйстве полного комплекта специализированного оборудования нерентабельно с учетом количества обслуживаемой техники и не производится в РБ, специализированные расходные эффективные материалы для подготовки машин к хранению не входят в перечень массовой поставки организаций снабжения и являются труднодоступными для владельцев техники. В связи с широким спектром решаемых производственных задач ИТР сельскохозяйственных предприятий не могут уделять должное внимание на изучение и внедрение инновационных технологий защиты сельскохозяйственных машин.

В результате в ряде хозяйств наблюдается неудовлетворительная очистка и внешняя мойка зерноуборочной техники от пылевых отложений. Отсутствует надлежащая консервация передач с гибкой связью и резиновых рукавов гидросистем, электрических и электронных компонентов, узлов кондиционирования. Антикоррозийная обработка проводится с использованием заменяющих материалов и подручного инструмента и не соответствует нормам и требованиям заводов изготовителей техники.

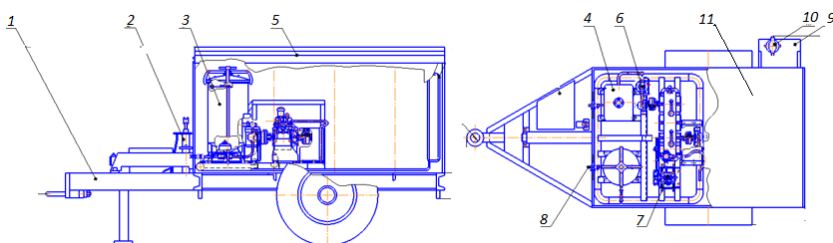
В РБ действует развитая система оказания агросервисных услуг через систему предприятий РО «Белгроссервис». Для них актуально повышение эффективности деятельности, в том числе и за счет расширения перечня оказываемых востребованных услуг.

Эти предприятия могут в порядке применения аутсорсинга в АПК взять на себя анализ существующей организации хранения техники в хозяйствах зоны обслуживания, 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 обеспечить хранения техники и ее компонентов в соответствии с требованиями ГОСТ 7751-2009 при низких издержках.

При проведении работ с машинами по постановке техники на хранение выполняют операции по наружной мойке и очистке сельхозтехники, защите наружных поверхностей и внутренних полостей, снятию отдельных узлов и сдаче их на хранение, установке

техники на подставки и ее укрытие. При снятии с хранения удаляют защитные покрытия, устанавливают снятые узлы, снимают машины с подставок и доводят их до рабочего состояния.

Известные установки для нанесения антикоррозионных покрытий ОМ-4263 и агрегаты по техническому обслуживанию АТО-9994 (АТУ-АМ) или АТО-16380 [3, 4] не могут выполнять весь перечень работ и не производятся в РБ.

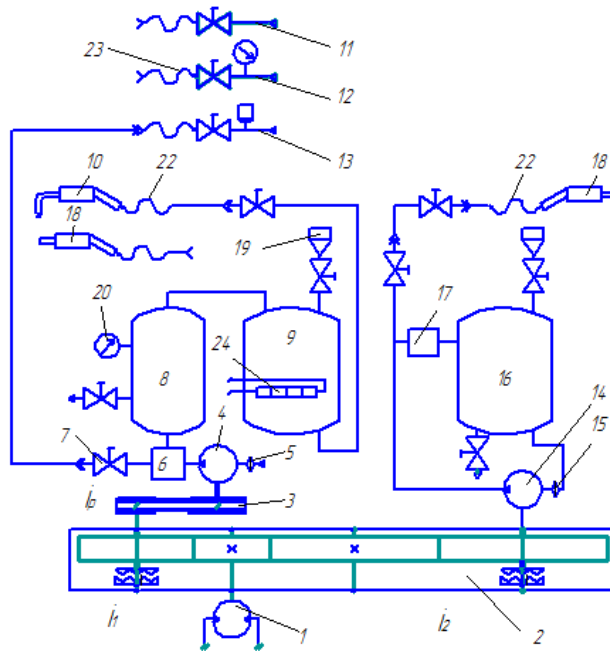


1 – шасси полуприцепа 1-ПТС-2; 2 – гидроподъемник; 3 – бак с нагревом; 4 – бак без нагрева; 5 – фургон; 6 – гидросистема; 7 – пневмосистема; 8 – арматура заборная; 9 – верстак; 10 – тиски; 11 – транспортный отсек  
Рисунок 1 – Ремонтно-обслуживающих агрегат АНПХ-1

В БГАТУ предложен перечень оборудования для проведения всех работ по хранению техники в составе прицепного передвижного ремонтно-обслуживающего агрегата ПРОА-2М (рисунок 1) и фронтального телескопического погрузчика, например Амкодор-527, с модернизированным сменным рабочим оборудованием – удлиненными вилами ТО-28.60.07.000М и крановой стрелой ТО-28.60.06.000М.

Кинематическая и гидравлическая схемы предложенного агрегата АНПХ-1 с указанием примененных узлов и элементов представлены на рисунке 2.

Секция 2 - Инновационные технологии в АПК.



- 1 – гидромотор ГМШ-10ВА-3; 2 – коробка раздаточная крана КС-1563.1;  
 3 – передача ременная с клиновым ремнем BRT ASK 1103-16×11;  
 4 – компрессор 130-3509009-11; 5 – фильтр воздушный;  
 6 – регулятор давления МТЗ ТАИМ 80-3512010; 7 – кран запорный;  
 8 – ресивер; 9 – бак напорный; 10 – солидолонагнетатель ОЗ-1153А;  
 11 – пистолет обдувочный FIT IT-81067; 12 – пистолет подкачки шин  
 SUMAKE SA-6600А; 13 – краскопульт Partner S-990-13G; 14 – насос НШ-10;  
 15 – фильтр КЗК 1206010170; 16 – бак РСМ 10.09.09.090В;  
 17 – клапан возвратный РСМ 10.09.09.140А; 18 – пистолет распылитель СО-  
 71В; 19 – горловина заправочная; 20 – манометр по ГОСТ9921-81;  
 21 – кран слива конденсата МТЗ 85-3513110; 22,23 – рукава гибкие по ГОСТ  
 18698-79 и 70-3917080-01; 24 – элемент нагревательный 01.48.127.05. 400СБ  
 Рисунок 2 – Схема кинематическая и гидравлическая агрегата АНПХ-1

Приводной гидромотор агрегата АНПХ-1 подключается к гидросистеме погрузчика через быстроразъемные муфты PAV1.1313.002. Электросистема агрегата подключается к контактной коробке погрузчика с напряжением 24 В.

Очистку узлов сжатым воздухом, нанесение антикоррозионных материалов на защищаемые поверхности в нагретом и холодном состоянии, подкраску машин, заполнение редукторов свежей смазкой и смазкой с добавками антикора производят с применением агрегата АНПХ-1.

Ремонтные работы на машинах выполняют с помощью оборудования и приспособлений, имеющихся в составе инструментов агрегата.

Снятые с машин узлы транспортируются к месту их ремонта, консервации и складирования в транспортном отсеке агрегата АНПХ-1. На этом же агрегате перевозится и незадействованное сменное оборудование погрузчика при транспортных переездах.

Буксировку прицепных машин и перемещение навесных и полунвесных машин к месту хранения на площадке производят с помощью погрузчика, имеющего буксировочное устройство и навешенные на погрузчик грузовые вилы или крановую стрелу. С применением грузовых вилок или крановой стрелы устанавливают машины на подставки и снимают машины с подставок.

Совместное использование агрегата АНПХ-1, погрузчика Амкордор 527 с вилами грузовыми ТО-28.60.07.000 М и крановой стрелой ТО-28.60.06.000М имеет следующие преимущества:

- повышение производительности работ в связи универсальностью применяемого оборудования и высокими технологическими возможностями всего агрегата;
- повышение качества выполнения работ по нанесению защитных покрытий в связи с возможностью нагрева материала.
- повышение экономической эффективности применения погрузчика на агросервисном предприятии в связи с увеличением его загрузки в течении года.

Предложенный агрегат имеет высокий технический уровень в связи с использованием в его составе серийно выпускаемых компонентов. Он отличается высокой мобильностью в связи высокой транспортной скоростью погрузчика 32 км/ч.

Представленное оборудование может быть изготовлено на универсальном станочном оборудовании в условиях предприятий системы РО «Белагросервис».

Список использованной литературы

1. Техника и технологии // Белорусское сельское хозяйство. – 2014. – № 9. – С.102-104.
2. Техника, используемая в сельском хозяйстве. Правила хранения. ГОСТ 7751-2009. – Москва : Стандартинформ, 2011. – 18 с.
3. Оборудование и технологии .ГОСНИТИ.[Электронный ресурс] [http: //www. gosniti.ru/ projects.html/](http://www.gosniti.ru/projects.html/) Дата доступа – 03.05.17.
4. Сайт Кирсановского механического завода.[Электронный ресурс] [http: //oookmz 68.ru/](http://oookmz68.ru/) Дата доступа – 03.05.17.

**Abstract.** The questions of the organization of services to ensure storage of agricultural machinery enterprises of agricultural services, and the proposed equipment for the preparation of agricultural equipment for the storage and removing them from storage.

УДК 631.33

**Ахалая Б.Х.**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

**Гайко О.А.**, инженер

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

**ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ  
ДЛЯ СОВМЕЩЕННОГО ПОСЕВА**

***Аннотация.** Представлена новая разработка пневматического высевающего аппарата одна из семейства аппаратов для совмещенных посевов, позволяющая высевать одновременно несколько культур с размещением их на разные глубины заделки. Новизна конструкции аппаратов защищена патентами на изобретения и полезные модели.*

Рассматривается вопрос о важности совмещенного посева нескольких культур с целью создания прочной кормовой базы для жи-

вотноводства. Возделывание высокопродуктивных растений является одним из главных факторов получения силоса высокого качества.

Главной причиной сложной ситуации в животноводстве является неудовлетворительное состояние в кормопроизводстве, которое остается одной из самых острых проблем сельского хозяйства.

Важнейшей задачей земледелия является получение максимума растениеводческой продукции с единицы площади пашни, без снижения почвенного плодородия. Достижение этой цели возможно разными путями, одним из которых является применение совмещенных посевов нескольких культур на одной площади, позволяющие получить сбалансированный силос с ценными питательными веществами.

С экономической точки зрения такие посева относительно выгоднее благодаря более эффективному по сравнению с чистыми посевами использованию площади земель, равномерному распределению по времени труда рабочих и максимальному использованию возможностей комплекса сельскохозяйственных машин [1-2].

Для подбора компонентов совмещенных посевов, необходимо знать какими агробиологическими свойствами они обладают, какая у них совместимость роста и развития и польза друг от друга.

Для выполнения совмещенных посевов необходимо чтобы посевная техника выполняла агротребования.

Существующие высевающие аппараты гнездового посева, обеспечивают регулирование нормы высева при помощи ступицы со сменными, секторными пластинами.

Однако у такой конструкции высевающего аппарата высокая чувствительность к размерным характеристикам семян и комплектование большим количеством сменных секторных пластин.

Широко применяются пневматические высевающий аппарат, включающие семенной бункер, вертикально расположенный высевающий диск со сквозными коническими ячейками, размещенными с равномерным шагом и воздушное сопло для удаления излишнего посевного материала из конической ячейки

Таковыми пневматическими высевающими аппаратами не возможно совмещенным способом высевать семена трех культур одновременно, к тому же размещать их на разную глубину посева.

Технической задачей является расширение эксплуатационных возможностей высевающего аппарата за счет использования составного диска и сошника для высева семян различных культур с размещением их на разную глубину заделки [3 – 6].

Поставленная техническая задача достигается тем, что бункер выполнен с двумя съемными перегородками, воздуховод разделен на два патрубка, один – с тремя соплами размещен над ячейками высевающего диска, второй – огибающий крышку и подводящий сопло под высевающий диск под углом  $10-15^\circ$  к горизонту, при этом сопло направлено против движения агрегата, высевающий диск и полозководный сошник выполнены составными из 3 частей, и равными по ширине, при этом их части закреплены с возможностью смещения, высевающий диск - прижимной втулкой, а полозводный сошник – болтами [7, 8].

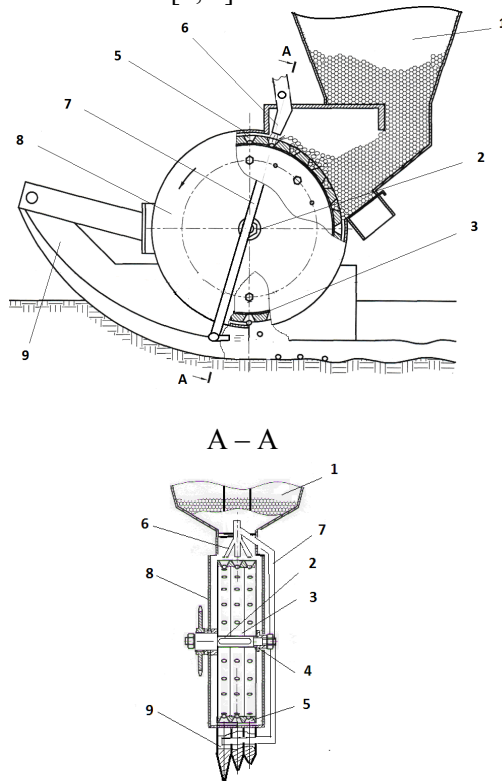


Рисунок – Пневматический высевающий аппарат для совмещенного посева

Новая конструкция пневматического высевающего аппарата для совмещенного посева (рисунок) содержит семенной бункер 1, вертикально установленный на оси 2 высевающего диска 3 с прижи-

мающей втулкой 4 и сквозными коническими ячейками 5, два патрубка 6 и 7, боковые крышки 8 и сошник 9, выполненный трехуровневым.

Во время работы семена из бункера попадают в конические ячейки вращающегося на оси высевающего диска. При проходе под соплами с истекающим из них воздухом лишние семена выдуваются из ячеек, а одно нижнее семя прижимается потоком воздуха к меньшему основанию конуса ячейки и транспортируется в борозду посредством сопла, находящегося под высевающим диском, действие воздушного потока сопла направлено против движения агрегата.

Высевающий диск и полозководный сошник выполнены составными из 3-х частей, и равными по ширине. Их части закреплены между собой с возможностью смещения, высевающий диск - прижимной втулкой, а полозководный сошник – болтами, что позволяет перестраивать конструкцию аппарата на высева как пунктирным способом, так и совмещенным с двумя компонентами.

Использование предложенного аппарата позволит высевать семена трех культур одновременно с размещением их на разную глубину, получать различную схему посева, без замены дисков, что приведет к экономии металла на изготовление сменных дисков и времени.

#### Список использованной литературы

1. Измайлов, А.Ю. Разработка интенсивных машинных технологий и новой энергонасыщенной техники для производства основных видов сельскохозяйственной продукции / А.Ю. Измайлов, Ю.Х. Шогенов // Техника и оборудование для села. – 2016. – №5. – С.2-5.

2. Лобачевский, Я.П. Экономически эффективный экологически обоснованный способ уплотненных посевов сельхозкультур / Я.П. Лобачевский, Б.Х. Ахалая, О.А. Сизов, В.Б. Ловкис // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2015. – №6. – С.4-8.

3. Сизов, О.А. Анализ конструкций пневматических высевающих аппаратов / О.А. Сизов, А.Х. Текушев, М.И. Сулейманов // Инновационные машинные технологии АПК России на базе интеллектуальных машинных технологий: Сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф. – М.: ФГБНУ ВИМ, 2014. – С.130-133.

4. Мерзляков, А.А. Оценки рационального количества термоподвесок при силосном хранении зернопродуктов / А.А. Мерзляков, О.А. Сизов, П.М. Пугачев // Экология и сельхоз техника: Сб. научн. труд VI Междунар. науч.-практ. конф. II Т. – СПб.: 2009. – С.260-265.

5. Ахалая, Б.Х. Особенности совмещения посевов двух культур: Сб. научн. труд. Т. 151, М.: ВИМ, 2004. – С.113-119.

6. Ахалая, Б.Х. Сеялка для совмещенного посева // Техника в сельском хозяйстве. – 2009. – №4. – С.10-12.

7. Пат. №2593221 РФ. Пневматический высеваящий аппарат для совмещенного посева /Ахалая Б.Х.// Бюл., 2016. – №22.

8. Пат. № 154522 РФ. Пневматический высеваящий аппарат для совмещенного посева / Ахалая Б.Х., Личман Г.И., Марченко А.Н. // Бюл., 2015. – №24.

**Abstract.** A new development of a pneumatic seeder is presented, one of a family of machines for combined crops, which allows the sowing of several crops simultaneously, placing them at different depths of the embankment. The novelty of the apparatus design is protected by patents for inventions and utility models.

УДК 621.243.242

**Основин В.Н.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;

**Основин С.В.<sup>2</sup>**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

**Мальцевич И.В.<sup>3</sup>**, студент

<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,

<sup>3</sup>Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАЗРУШЕНИЙ И ДЕФЕКТОВ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНШЕЙНЫХ СИЛОСОХРАНИЛИЩ**

**Аннотация.** Существующие в настоящее время траншейные силосохранилища не в полной мере обеспечивают необходимые условия нормального протекания процесса силосования, получения и сохранения высококачественного корма. Это связано с тем, что

*имеющие разрушения и дефекты бетонных и железобетонных конструктивных элементов таких сооружений, не обеспечивают необходимую герметичность стен и днища траншей, что приводит к потерям корма и питательных веществ и ухудшению качества приготавливаемого силоса.*

Сооружения для закладки силоса должны обеспечивать полную изоляцию силосуемой массы от доступа воздуха и воды. Вместе с тем они должны быть удобны с точки зрения использования средств механизации для загрузки зеленой массы и выемки готового силоса, а также быть недорогими сооружениями. Однако существующие в настоящее время траншейные силосохранилища не в полной мере отвечают всем этим требованиям, поскольку имеющиеся разрушения и дефекты бетонных и железобетонных конструктивных элементов таких сооружений, не в состоянии обеспечить необходимые условия нормального протекания процесса приготовления и хранения высококачественного корма.

В обозримой перспективе особую актуальность для республики приобретает поиск простейших приемов, направленных на совершенствование применяемой в настоящее время технологии приготовления консервируемых кормов в существующих силосохранилищах.

Для обеспечения необходимых условий нормального протекания процесса силосования, получения и сохранения высококачественного корма хранилища силоса должны удовлетворять следующим требованиям [1,2]:

- предохранять силосную массу от проникания воздуха, который способствует развитию нежелательных микробиологических процессов, вызывающих развитие плесени и гниение корма;
- не допускать утечки выделяющегося при силосовании сока наружу через стены и днище и защищать силосную массу от проникания в нее воды извне; вода, попадая в корм, выщелачивает его, выносит с собой кислоты и питательные вещества, что может сделать корм непригодным или ухудшить его качество;
- защищать силосную массу от промерзания, так как выгрузка и скармливание промерзшего корма затруднены; кроме того, процесс силосования требует сохранения в силосе положительной температуры;

- ограждения (стены, днища) должны быть стойкими против действия молочной и уксусной кислот с концентрацией до 2...3%, которые содержатся в силосном соке, а материалы внутренних поверхностей ограждений не должны влиять на вкусовые качества корма;

- иметь ровные, гладкие поверхности стен и сглаженные (закругленные) углы, так как выступы, шероховатости и острые углы затрудняют свободную осадку корма, вызывают его разуплотнение и образование воздушных прослоек, способствующих загниванию силосной массы; шероховатости и острые углы затрудняют очистку ограждений от остатков корма, окраску и дезинфекцию хранилища.

Рост масштабов производства и поголовья скота на животноводческих объектах определили переход к хранилищам траншейного типа – наземных, заглубленных и полуза-глубленных. Типоразмерный ряд траншейных хранилищ содержит сооружения от 200 – 500 до 5000 – 6000 тонн (таблица 1) [3 – 6].

Таблица 1 – Типоразмерный ряд хранилищ траншейного типа

Показатели	Высота хранилища, м						
	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	5,0	5,0
Длина, м <sup>3</sup>	От 9 до 63 (кратная 3)						
Ширина, м	6	6	6	9	9	10	12-15-18-21
Объем, м <sup>3</sup>	500	750	1000	1250	2500	4000	5000-6000
Масса готового корма, т	200	300	450	500	1125	2000	>2500

Примечания: 1. Вышеприведенные размеры относятся к одиночным хранилищам. 2. Ширина траншеи указана по дну.

Анализ данных научных исследований, производственной практики, экономического состояния агропромышленной отрасли и уровня механизации технологических процессов заготовки, хранения и выемки консервированных кормов позволяет сделать вывод о том, что при заготовке больших объемов корма наиболее предпочтительными остаются заглубленные и наземные облицованные хранилища траншейного типа [4,7 – 8].

Основными материалами для силосных хранилищ указанного типа являются бетон, железобетон, кирпич и бутовый камень.

Стены и днища траншей из бетонных и железобетонных конструкций устраивались со сквозными деформационными швами, разрезающими ограждающие конструкции до основания фундаментов. Швы должны быть непроницаемы для силосного сока. Для предохранения конструкций силосохранилищ от преждевременного разрушения под воздействием силосного сока, а также грунтовых и атмосферных вод предусматривалось [1, 9, 10]:

- удаление из силосохранилищ излишков силосного сока;
- защиту ограждающих конструкций от коррозии;
- устройство водонепроницаемой отмостки шириной 0,7 м по периметру сооружения;
- заложение подошвы фундамента и днищ силосохранилищ на отметке, превышающей не менее чем на 0,5 м наивысший уровень грунтовых вод.

Бетонные и железобетонные конструктивные элементы траншейных силосохранилищ в процессе эксплуатации подвергаются воздействию различных факторов эксплуатационного характера, а также и окружающей среды (нередко агрессивной).

Совместное воздействие нагрузки и окружающей среды при определенной их интенсивности оказывает существенное влияние на изменение прочностных и деформативных свойств конструкций и их долговечность. Кроме этого в процессе эксплуатации под воздействием внешних и внутренних факторов (природных, эксплуатационных и др.), элементы бетонных и железобетонных конструкций изнашиваются, стареют, ветшают. Разрушение отдельных конструктивных блоков и всего сооружения, как правило, имеет место в случаях, когда прочность материала сооружения недостаточна устойчива к эксплуатационным и климатическим воздействиям, нарушены правила технической эксплуатации.

Основные виды и возможные причины возникновения разрушений и дефектов бетонных и железобетонных конструктивных элементов, полученные на основании анализа обследования конструкций траншейных силосохранилищ приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Основные виды разрушений и дефектов и возможные причины их появления в бетонных и железобетонных конструкциях траншейных силосохранилищ

№ п/п	Виды дефектов	Возможные причины появления
1	2	3
1.	Волосяные трещины вдоль арматуры, иногда след ржавчины на поверхности бетона	Коррозия арматуры (слой коррозии до 0,5 мм) при потере бетоном защитных свойств; раскалывание бетона при нарушении сцепления с арматурой
2.	Сколы бетона	Механические воздействия
3.	Трещины вдоль арматурных стержней до 3 мм. Явные следы коррозии арматуры	Развиваются в результате коррозии арматуры из волосяных трещин (см. п. 1). Толщина продуктов коррозии до 3 мм
4.	Раковины на бетонной поверхности сооружений, облицовок покрытий	Слабое сцепление крупного заполнителя с цементным камнем (при недостаточной морозостойкости бетона); выкрашивание; применение очень крупного заполнителя; попадание в верхний слой бетона легко отделяющегося материала (древесного, грунтового и др.)
5.	Отслоение защитного слоя бетона	Коррозия арматуры, дальнейшее развитие дефектов по пп. 1 и 3)
6.	Наклонные трещины со смещением участков плит относительно друг друга и наклонные трещины, пересекающие арматуру	Перегрузка конструкции. Нарушение анкеровки арматуры
7.	Отколы углов и краев конструктивных блоков, плит облицовок и днища	Результат дальнейшего развития трещин под действием внешних нагрузок; перекосы или установка в разных плоскостях сборных элементов и их давление друг на друга вследствие деформации расширения; соударение сборных элементов при монтаже сооружения.
8.	Повреждение арматуры и закладных деталей	Механические воздействия, коррозия арматуры
9.	Разрывы или смещения поперечной арматуры в зоне	Перегрузка конструкций
10.	Биологическое повреждение бетона	Возникает при просачивании на увлажненной и загрязненной поверхности семян различных грибов, мхов, трав и даже кустарников и древесных пород, занесенных туда ветром, с разрушением бетона их корневой системой

Кроме того, повреждение бетона может быть за счет воздействия на него агрессивной воздушной среды и кислотных осадков. Причем, в зависимости от того, в каких эксплуатационных условиях они находятся (в надземных или заглубленных, при постоянном или периодическом контакте с агрессивными средами и т.д.), интенсивность их повреждаемости различна.

Таким образом, существующие траншейные силосохранилища при наличии выше указанных разрушений и дефектов бетонных и железобетонных конструктивных элементов не в состоянии обеспечить необходимые условия нормального протекания процесса приготовления и хранения высококачественного корма. Вследствие того, что не обеспечена необходимая герметичность стен и днища траншей (разуплотнение стыков железобетонных плит, разрушение поверхностного слоя бетона, обнажение металлической арматуры, образование раковин и трещин в бетоне и т.д.) не происходит должного уплотнения силосуемой массы, а наличие поступившего через грунт воздуха инициирует деятельность аэробных бактерий и тормозит процесс молочнокислого брожения, который приводит к образованию плесневых грибов, потерям корма и питательных веществ и ухудшению качества приготавливаемого силоса.

Поэтому разработка методов повышения надежности и эффективности функционирования производственных процессов приготовления и хранения кормов в траншейных силосохранилищах, направленных на повышение качества и сокращения потерь сельскохозяйственной продукции (кормов, а отсюда и молока и мяса), обеспечение экологической безопасности, является актуальной задачей и требует комплексного исследования.

#### Список использованной литературы

1. СНиП II-Н.9-65. Силосохранилища. Нормы проектирования. Дата актуализации: 12.02.2016. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1965. – С.17.

2. Заготовка и приготовление кормов в Нечерноземье: Справочник / В.С. Сечкин, Л.А. Сулима, В.П. Белов и др. – 2-е изд. перед. и доп. – М.: Агропромиздат, 1988. – 480 с.

3. Чечко, Н.П. Выбор хранилищ для силоса и сенажа. / Н.П. Чечко // Мех. и электр. с/х произв. – 1978 №2. – С. 29-31.

4. Корма и надежные хранилища // Сельская жизнь. – 1982. – 8 августа.

5. Федоров, В.В. Определение размеров силосных траншей / В.В. Федоров // Кормовые культуры. – 1991. №2. – С.44-46.
6. Нормы технологического проектирования хранилищ silosa и сенажа: НТПП АПК 1.10.1 – 001 – 00. Введ. 2001 – 01 – 01 / Мин-во с/х Российской Федерации. – М.: Минсельхоз России, 2000. – 27 с.
7. Гринев, В.Д. Силосные траншеи / В.Д. Гринев, Л.С. Турищев, Ю.П. Мартышенко. – Новополоцк: НПИ, 1993. – 52 с.
8. Наземные силосохранилища // Сельское строительство. – 1998. – №2. – С.24.
9. Некрашевич, В.Ф. Анализ конструкций и материалов траншейных силосохранилищ / В.Д. Некрашевич, Я.Л. Ревич // Сб. науч. трудов преп. и аспирантов РГАТУ имени П.А. Костычева: мат. науч. – практич. конф. 2012г. – Рязань: Издательство РГАТУ, 2012. – С.93-98.
10. Силосные сооружения [Электронный ресурс]. – М.: Большая советская энциклопедия. – Режим доступа: dic Academic/ru

**Abstract.** Existing presently trench силосохранилища provide the necessary terms of the normal flowing of process of ensilage, receipt and maintenance of high-quality feed not to a full degree. It is related to that having destructions and defects of concrete and reinforce-concrete structural elements of such building, does not provide necessary impermeability of walls and bottom of trenches, that results in the losses of feed and nutritives and worsening of quality of the prepared silo.

УДК 631.312.023

**Мисун О.И.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Оскирко А.И.**, старший преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь

## **ВЛИЯНИЕ ПРИВОДА ОПОРНЫХ КОЛЕС ПЛУГА НА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА**

**Аннотация.** В статье рассматриваются модульная схема построения пахотного агрегата, на основе энергонасыщенных колес-

*ных тракторов «Беларус» тягового класса 5, при которой передача части мощности двигателя на привод опорных колес плуга повышает производительность. При такой схеме можно повышать мощность и снижать массу трактора.*

В настоящее время растет энерговооруженность сельскохозяйственного производства, в т.ч. и мобильных энергетических средств в растениеводстве – тракторов. Сельскохозяйственное тракторостроение характеризуется в настоящее время ростом единичной мощности двигателей выпускаемых тракторов. Мощность двигателей выпускаемых тракторов уже доходит до 450 л.с. (Беларус 4522). Для реализации возрастающих мощностей увеличивается масса тракторов, сельскохозяйственных машин. В результате наряду со снижением темпов роста производительности агрегатов по сравнению с темпами роста мощности тракторов еще и возрастает отрицательное воздействие их ходовых систем на почву, приводящее к снижению урожайности возделываемых культур.

Повышение энергонасыщенности тракторов и развитие машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к опережению роста массы технологической части МТА относительно роста массы трактора.

Основная обработка почвы в нашей стране в большинстве случаев выполняется лемешно-отвальными плугами, которые в своём развитии прошли длительный путь и достигли определённого совершенства. При этом технологический прогресс вспашки выполняется только за счёт мощности передаваемой на рабочую машину через прицепное устройство трактора.

Сейчас выпускаются плуги, включающие от четырех до девяти унифицированных корпусов, применяемые как для вспашки почв средних по механическому составу, так и почв с большим удельным сопротивлением и засорённых камнями. При этом обычно основная секция плуга навешивается между трактором и опорной тележкой, а дополнительная секция плуга – на опорную тележку. Плуг и тележка имеют значительную массу, которая доходит до 5,5 тонны (ППО-8-40К). Агрегируются такие плуги с тракторами класса 3, 5.

Противоречие между необходимостью снижения веса трактора и сохранением тягово-сцепных свойств можно устранить, если в

качестве сцепного использовать вес всего агрегата, включая технологическую часть – плуг, а не только вес трактора.

Одним из путей наиболее эффективного использования возрастающих мощностей энергонасыщенных тракторов является отбор части мощности двигателя на привод опорных колес плуга, предложенного Г.Н. Арсеньевым. Он показал, что ведущее колесо плуга дает доленое участие в создании тяговой мощности, требуемой для работы пахотного агрегата, равное 11 – 34%. Это дает возможность снизить буксование трактора на 19 – 35%, сопротивление качению – на 36 – 42%. При этом суммарная тяговая мощность трактора увеличивается на 15-30% [1].

Реализовать передачу мощности на привод колес технологической части агрегата в настоящее время возможно через гидро- или электропривод. Анализ эффективности привода колес опорной тележки плугов типа ППО произведем при работе в агрегате с колесными тракторами «Беларус 2522/3022». При подобной схеме агрегатирования плуга трактор выполняет функцию энергетического модуля, а приводная опорная тележка – технологического модуля. В этом случае только часть мощности двигателя будет реализовываться через ходовую систему трактора, что позволит снизить потери мощности на буксование движителей, а значит увеличить мощность на выполнение технологического процесса, и его удельная материалоемкость может быть снижена. Для анализа воспользуемся уравнением баланса мощности двигателя трактора  $N_H$  :

$$N_H \eta_H \eta_{тр} = N_T + N_{fT} + N_{\delta T} + N_M + N_{fM} + N_{\delta M}, \quad (1)$$

где  $\eta_H$  – степень загрузки двигателя;  $\eta_{тр}$  – КПД, учитывающий механические потери в трансмиссии;  $N_T, N_M$  – тяговая мощность, соответственно, энергетического и технологического модулей;  $N_{fT}, N_{fM}$  – мощность, затрачиваемая на передвижение, соответственно, энергетического и технологического модулей;  $N_{\delta T}, N_{\delta M}$  – мощность, затрачиваемая на буксование движителей, соответственно, энергетического и технологического модулей.

$$N_T = aBv(k_0 + \varepsilon v^2)\beta_T = F\beta_T v = F_T v; \quad (2)$$

$$N_M = F(1 - \beta_T)v = F_M v; \quad (3)$$

$$N_{\delta_T} = (F_T \cdot v + N_{f_T}) \frac{\delta}{1 - \delta}; \quad N_{\delta_M} = (F_M \cdot v + N_{f_M}) \frac{\delta}{1 - \delta}; \quad (4)$$

$$N_{f_T} = M_T g f v; \quad N_{f_M} = M_M g f v; \quad (5)$$

где  $B$  – ширина захвата плуга;  $a$  – глубина обработки почвы;  $v$  – скорость движения;  $k_0$ ,  $\varepsilon$  – эмпирические коэффициенты, определяющие удельное тяговое сопротивление плуга;  $F$  – тяговое сопротивление плуга;  $\beta_T$  – доля тягового усилия трактора;  $F_T$ ,  $F_M$  – тяговое усилие, соответственно, энергетического и технологического модулей;  $M_T$ ,  $M_M$  – масса, соответственно, энергетического и технологического модулей;  $g$  – ускорение свободного падения;  $f$  – коэффициент сопротивления качению;  $\delta$  – буксование движителей (кривые буксования тракторов «Беларус 2522/3022» на стерне аппроксимируются уравнением [2]).

Сцепной вес энергетического и технологического модулей соответственно увеличиваются за счет части веса плуга

$$G_T = (M_T + 0,3M_{пл})g; \quad (6)$$

$$G_M = (M_M + 0,4M_{пл})g. \quad (7)$$

Масса плуга зависит от ширины захвата. На основе анализа характеристик существующих конструкций плугов Минской ремонтной и Минского тракторного заводов их массу как функцию ширины захвата можно описать следующим уравнением

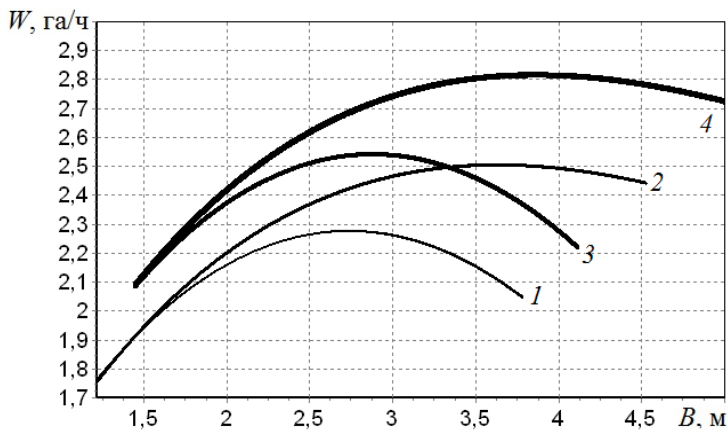
$$M_{пл} = qB^2 + m_0, \quad (8)$$

где  $q$ ,  $m_0$  – эмпирические коэффициенты массы плуга ( $q = 200$  кг/м<sup>2</sup>;  $m_0 = 1200$  кг).

Решаем уравнение (1) совместно с (2–8) относительно ширины захвата плуга при заданной скорости движения агрегата и при полной нагрузке двигателя трактора. Построим графические зависимости производительности пахотных агрегатов с тракторами «Беларус 3522/3022» от ширины захвата плуга (рисунок 1) используя данные [2]:  $N_H = 195/223$  кВт;  $M_T = 11000/11500$  кг; масса технологического модуля пассивного/приводного  $M_M = 1000/1500$  кг; на стерне  $f = 0,1$  и  $\varphi_{max} = 0,7$ ;  $\eta_H = 0,95$ ;  $a = 0,26$  м;  $\eta_{тр} = 0,88$ ;  $k_0 = 54246$  Н/м<sup>2</sup>;  $\varepsilon = 1920$  Нс<sup>2</sup>/м<sup>4</sup>.

Построенные графические зависимости (рисунок 1) показывают, что при передаче части мощности двигателя на привод колес тех-

нологического модуля производительность пахотного агрегата как с трактором Беларус 2522, так и с трактором Беларус 3022 возрастает примерно на 10 %. В тоже время производительность пахотного агрегата Беларус 2522 + плуг с приводными колесами технологического модуля сопоставима или только на 1,5 % меньше чем у Беларус 3022 + плуг с пассивными колесами технологического модуля, хотя мощность двигателя в первом случае меньше на 14 %.



- 1 – Беларус 2522 + плуг с пассивными колесами технологического модуля;
- 2 – Беларус 2522 + плуг с приводными колесами технологического модуля;
- 3 – Беларус 3022 + плуг с пассивными колесами технологического модуля;
- 4 – Беларус 3022 + плуг с приводными колесами технологического модуля

Рисунок 1 – Зависимость производительности пахотных агрегатов от ширины захвата плуга

Таким образом, рациональным направлением повышения производительности работы пахотных агрегатов является построение их по модульной схеме, при которой в создании тягового усилия используется вес всего агрегата, включая и вес плуга с технологическим модулем. При модульной схеме построения агрегата теоретически можно пропорционально повышать массу технологической части агрегата (плуг и опорная тележка) и снижать массу энергетической части (трактор) при одновременном повышении мощности двигателя.

#### Список использованной литературы

1. Арсеньев, Г.М. Исследование эффективности отвода части мощности двигателя трактора для привода опорных колёс сельско-

хозяйственных орудий на примере навесного пахотного агрегата. Автореф. дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Л.: 1968. – 24 с.

2. Мисуно, О.И. Снижение энергетических затрат на пахоту / О.И. Мисуно, С.А. Легенький, А.И. Оскирко //Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию Белорусского государственного аграрного технического университета и памяти первого ректора БИМСХ (БГАТУ) доктора технических наук, профессора В.П. Суслова ч. 2 / Белорусский государственный аграрный технический университет. – Минск, 2014. – С. 252-257.

**Abstract.** In article are considered the modular scheme of creation of the arable unit, on the basis of the power saturated wheel Belarus tractors of a traction class 5 at which transfer of a part of engine capacity on the drive of basic wheels of a plow increases productivity. At such scheme it is possible to increase power and to reduce the mass of the tractor.

УДК 573.6.086.83:577.18

**Кусин Р.А.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент;  
**Якимович Н.Н.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук;  
**Якимович И.В.**<sup>2</sup>, **Шункевич А.А.**<sup>2</sup>,  
**Черняк И.Н.**<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>ГНУ «Институт физико-органической химии НАН Беларуси»,  
г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>3</sup>ГНУ «Институт порошковой металлургии»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ БАКТЕРИОЦИНОВ ДЛЯ БОРЬБЫ С ИНФЕКЦИОННЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦ**

**Аннотация.** Проведены селекционные работы, скрининг молочнокислых бактерий и дрожжей на способность образования бел-

ковой биомассы и бактериоцинов. Отобраны два наиболее активных продуцента. Приведены результаты лабораторных исследований по влиянию важных физико-химических параметров на рост молочнокислых бактерий и дрожжей – продуцентов бактериоцинов. Подобрана рациональная питательная среда, приготовленная на основе творожной молочной сыворотки. Разработан способ выделения бактериоцинов из культуральной жидкости.

### **Введение**

В настоящее время наиболее сильным средством в борьбе с патогенными бактериями являются антибиотики. Однако их частое использование привело к появлению устойчивых к ним микроорганизмов и увеличению, в частности, аллергических заболеваний у населения. Возрастающая проблема распространения патогенных бактерий, устойчивых к антибиотикам, вызвала повышенный интерес к применению альтернативных естественных микробных препаратов, в том числе антимикробных протеинов. Бактериоцины, продуцируемые пробиотическими штаммами молочнокислых бактерий, представляют перспективную альтернативу антибиотикам. Бактериоцины были признаны Комитетом по контролю за продуктами и лекарствами безопасными для потребления человека. Они отличаются от большинства терапевтических антибиотиков тем, что являются белковыми веществами, которые быстро перевариваются под действием протеаз в пищевом тракте [1-3]. Многие антибиотики способствуют развитию невосприимчивых штаммов, тогда как развитие устойчивости к бактериоцинам наблюдается очень редко [4,5].

### **Основная часть**

Целью настоящей работы является разработка способа получения бактериоцинов для борьбы с инфекционными заболеваниями сельскохозяйственных животных и домашней птицы.

Для достижения поставленной цели первоначально были проведены селекционные работы, скрининг девяти штаммов микроорганизмов по способности образования биомассы и бактериоцинов. В результате для дальнейшей работы были отобраны клоны молочнокислых бактерий *Lactobacillus rhamnosus* 109 и дрожжей *Kluveromyces lactis* sp86. Затем было исследовано влияние основ-

ных физико-химических параметров процесса биосинтеза на рост исследуемых микроорганизмов, оптимизирован состав питательной среды и разработана схема выделения бактериоцинов. Исследования проводили на лабораторном биореакторе EDF-5.2 производства фирмы A/S «Biotechniskais Centrs».

В результате экспериментальных исследований по изучению влияния на рост исследуемых микроорганизмов важных физико-химических параметров процесса биосинтеза было установлено следующее. Максимальное накопление биомассы молочнокислых дрожжей происходит в интервале температур от 28 до 32 °С. Наибольшее накопление биомассы молочнокислых бактерий наблюдали в диапазоне температур 30 – 32 °С. При более высоких температурах выход биомассы исследуемых продуцентов несколько уменьшается. Наиболее высокая продуктивность молочнокислых дрожжей наблюдается в пределах рН от 5,5 до 7,0 ед. с максимумом при рН 5,5 – 6,0. Максимальное накопление биомассы молочнокислых бактерий происходит в интервале 7,0 – 7,2 ед. рН.

В таблице представлены результаты исследований влияния интенсивности аэрации ферментационной среды атмосферным воздухом на процесс культивирования исследуемых микроорганизмов и биосинтеза бактериоцинов.

Таблица – Влияние интенсивности аэрации на величину антимикробной активности исследуемых продуцентов (тест-культура *B. subtilis*)

Наименование штаммов							
<i>L. rhamnosus</i> 109				<i>Kluyveromyces lactis</i> sp.86			
Содержание кислоты, %	Содержание биомассы, (г/дм <sup>3</sup> )	Время биосинтеза, (час)	ДА (мл·мм <sup>-1</sup> )	Содержание кислоты, %	Содержание биомассы, (г/дм <sup>3</sup> )	Время биосинтеза, (час)	ДА (мл·мм <sup>-1</sup> )
0	3,9	52,0	800,0	0	4,2	48,0	200,0
5,0	5,6	48,0	850,0	5,0	7,7	40,0	250,0
10,0	5,8	36,0	800,0	10,0	9,1	36,0	250,0
20,0	6,5	25,0	800,0	20,0	10,5	34,0	250,0

Было установлено, что интенсивность аэрации существенно влияет на время проведения процесса биосинтеза бактериоцинов,

но не оказывает существенного влияния на их накопление в ферментационной среде. В связи с этим, можно рекомендовать после набора необходимого количества биомассы продуцентов аэрацию не проводить, а процесс накопления бактериоцинов продолжать без аэрации.

В связи с тем, что при проведении исследований использовали молочнокислые микроорганизмы в качестве основного компонента питательной среды применили молочную сыворотку – отход производства творога. С целью оптимизации состава питательной среды по содержанию минеральных солей была проведена серия экспериментов, в которых концентрацию источника азота и серы изменяли в пределах 0,1 – 0,4 %, а источника калия и фосфора в пределах – 0,05 – 0,15 %. В результате рациональная концентрация минеральных солей в составе питательной среды была определена в пределах: сульфат аммония 0,3 – 0,4 %, калий фосфорнокислый однозамещенный – 0,10 – 0,15 %. В этих диапазонах концентраций минеральных солей наблюдали наибольшее накопление биомассы популяций, а также более широкие зоны лизиса тест-культуры.

Разработана схема выделения бактериоцинов из культуральной жидкости, включающая этапы определения биомассы, пропускание через колонну с ионообменной смолой, вымывание аммиаком, концентрирование и упаривание до 50 % сухих веществ. В результате выделения бактериоцинов из культуральной жидкости по разработанной схеме их концентрация в готовом продукте достигла 4800 – 5200 мл·мм<sup>-1</sup> DA, т.е. более чем в шесть раз выше, чем в культуральной жидкости.

Заключение. Таким образом, в результате исследований подобраны штаммы молочнокислых бактерий и дрожжей, способных осуществлять повышенный биосинтез бактериоцинов. Установлено, что оптимальная температура культивирования молочнокислых дрожжей лежит в интервале 28 – 30 °С, а для выращивания молочнокислых бактерий – 30 – 32 °С; наиболее высокая продуктивность молочнокислых дрожжей находится в диапазоне 5,5 – 6,0 ед. рН, бактерии – в пределах 6,5 – 7,0 ед. рН.

Установлено, что для экономически целесообразного накопления бактериоцинов исследуемыми микроорганизмами необходимо на первой стадии биосинтеза обеспечить концентрацию кислорода

в ферментационной среде в пределах 10 – 20 % от максимального насыщения, после чего вести процесс в анаэробных условиях.

Подобрана питательная среда для выращивания молочнокислых бактерий и дрожжей, имеющая следующий состав: сульфат аммония – 0,3-0,4 %, калий фосфорнокислый однозамещенный – 0,10-0,15 %, молочная сыворотка (творожная) – остальное.

Разработан способ выделения бактериоцинов из культуральной жидкости. Способ позволяет увеличить антимикробную активность препарата по сравнению с культуральной жидкостью приблизительно в 6 раз.

#### Список использованной литературы

1. Квасников, Е.И. Молочнокислые бактерии и пути их использования [Текст] / Е.И. Квасников // М.: Наука, 1975. - С. 395.
2. Axelsson, L. Lactic acid bacteria: classification and physiology. In Lactic Acid Bacteria [Texts] / L. Axelsson // Microbiology and functional aspects. - 2<sup>nd</sup> Edition.- Revised and Expanded: Edited by S. Salminen & A. von Wright. - 1998. - P. 51-72.
3. Parente, E. The combined effect of nisin, leucocin F10, pH, NaCl and EDTA on the survival of *Listeria monocytogenes* in broth [Texts] / E. Parente, M. Giglio, A. Ricciardi, F. Clementi // Int. J. Food Microbiol. - 1998. - Vol. 68. - P. 141-148.
4. Ferchichi, M. Lactococcin MMF II. A novel class IIa bacteriocin produced by *Lactococcus lactis* MMF II, isolated from a Tunisian dairy product [Texts] / M. Ferchichi, J. Frere, K. Mabrouk, M. Manai // FEMS Microbiol Lett. - 2001. - Vol. 205. - P. 49-55.
5. Carr, F.J. The lactic acid bacteria: a literature survey [Texts] / F.J. Carr, D. Chill, N. Maida // Critical Reviews in Microbiology. - 2002. - Vol. 28. - P. 281-370.

**Abstract.** The results of laboratory investigations have been presented on the influence of important physics and chemical parameters on the growth of lactic-acid bacteria and yeast producing bacteriocins. A rational nutrient solution prepared on the base of caseic milk whey has been selected. A method for isolating bacteriocins from a culture liquid has been developed.

УДК 635.714

**Вечер Н.Н.**, кандидат биологических наук, доцент;  
**Березко М.Н.**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;  
**Городецкая Е.А.**, кандидат технических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

### **АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ДУШИЦЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*ORIGANUM VULGARE L.*) В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ**

*Аннотация.* В статье дополнены сведения по особенностям возделывания и продуктивности душицы обыкновенной (*Origanum vulgare L.*) в первый год вегетации. Определены урожайность лексырья и эффективность применяемых удобрений.

Объектом наших исследований являлась душица обыкновенная из семейства *Яснотковых*.

В задачу исследований входило дополнить сведения по отзывчивости душицы обыкновенной на отдельные элементы питания и их соотношения в первый год вегетации; определить эффективность применяемых удобрений на урожайность лексырья душицы обыкновенной; прибавку фитомассы лексырья в % к контролю (без удобрений) и на 1 кг д.в. вносимых минеральных удобрений.

Для изучения был взят сорт душицы обыкновенной «Грета», районированный в Республике Беларусь с 2002 года, семена репродукции ЦБС НАН Беларуси.

Морфологические признаки растения: Стебель прямостоячий, четырехгранный, опушенный, красноватый, хорошо разветвленный, длиной от 65 до 70 см. Листья черешковые, продолговатояйцевидной формы, заостренные, цельные, без опушения. Поверхность листовой пластинки морщинистая. Длина листовой пластинки 3 см, ширина 2 см. Соцветие – метелка, длиной до 2,5 см, количество соцветий на одном растении до 40 шт. Цветки мелкие, мно-

гочисленные, от бледно-розовой до бордовой окраски. Плод орешек, темно-коричневой окраски, овальной формы.

Хозяйственно - биологическая характеристика душицы обыкновенной: Не требовательна к почве, однако на тяжелых глинистых почвах растет плохо. Предпочитает открытые места. Хорошо зимует и в начале апреля начинает вегетацию. Цветет в июне-июле, начиная со второго года жизни. Семена созревают в августе. Вегетационный период в среднем 175 дней. Используется в фармацевтической, парфюмерно – косметической промышленности, кулинарии [5].

Почва опытного участка дерново-подзолистая, среднесуглинистая, подстилаемая на глубине 1,3 метра моренным суглинком.

Агрохимические показатели пахотного слоя почвы (0-22 см) опытного участка следующие: содержание гумуса – 2,5 %;  $pH_{KCl}$  – 5,6; содержание подвижных форм фосфора ( $P_2O_5$ ) 165, калия ( $K_2O$ ) – 155 мг/кг почвы. По данным лабораторных анализов и наблюдений почву можно отнести к средней по окультуренности. По содержанию подвижных форм микроэлементов почва опытного участка относится ко II группе со средней обеспеченностью микроэлементами. Предшественник душицы обыкновенной – редька масличная на зеленое удобрение (сидерат).

Полевой опыт закладывали в четырехкратной повторности. Расположение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки 6 м<sup>2</sup>, учетная площадь - 1 м<sup>2</sup>.

Схема опыта включала четыре варианта (три варианта с внесением минеральных удобрений и один контрольный вариант (без удобрений):

1. Контроль (без удобрений);
2.  $P_2O_5$  (30) +  $K_2O$  (60) кг/га д.в.;
3.  $P_2O_5$  (60) +  $K_2O$  (90) кг/га д.в.;
4.  $P_2O_5$  (90) +  $K_2O$  (120) кг/га д.в.

Дозы фосфора и калия взяты с учетом обеспеченности почвы этими элементами и планируемой продуктивности лексиры.

Закладку опыта, учеты, наблюдения проводили по общепринятым методикам [2].

Минеральные удобрения вносили под предпосевную культивацию: калийные удобрения в виде хлористого калия, фосфорные – в виде двойного суперфосфата. Мероприятия по уходу за посевами

проводились согласно отраслевому регламенту возделывания лекарственных растений.

Учет фитомассы лексиры проводили вручную поделяночно один раз в сезон сплошным методом, при вступлении растений в фазу начало массового цветения.

У подготовленных для посева семян душицы обыкновенной масса 1000 шт. составила 0,23 г. Семена округлой формы, коричневые, длиной до 1.0 мм и 0,7 мм ширины

Посев проводили ручной однорядной сеялкой точного высева (СГР-01). Норма высева кондиционных семян составила 4 кг/га, ширина междурядий 50 см, глубина заделки семян 0,5 см.

Фенологические наблюдения проводили по принятой методике [1,3], полевые исследования по общепринятой методике полевого опыта [4].

Изучение роста и развития растений по вариантам опыта показало, что сроки наступления основных фенологических фаз и их продолжительность по вариантам опыта не имели существенных различий (таблица 1).

Таблица 1 – Прохождение (наступление) фаз развития у душицы обыкновенной в первый год вегетации

Дата наступления фаз развития						
Посев	Всходы	Начало бутонизации	Массовая бутонизация	Начало цветения	Массовое цветение	Начало созревания семян
25.05	10.06	28.07	11.08	20.08	5.09	28.09

Изучение особенностей развития душицы показало, что появление массовых всходов отмечено на 15-й день после посева (10.06), к концу июля (28.07) растения вступали в репродуктивную фазу – начало бутонизации. В фазу начало цветения растения вступали в конце второй декады августа (20.08), что дает возможность получать сырье уже в первом году жизни. Учет урожайности зеленой массы проводили в фазу массового цветения (5.09).

К концу третьей декады сентября (28.09) растения вступали в фазу созревания семян.

Установлено, что душица обыкновенная в год посева на среднеобеспеченных калием и фосфором почвах без внесения минеральных удобрений формирует достаточно высокую фитомассу – 116,0 ц/га (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние минеральных удобрений на урожайность зеленой массы душицы обыкновенной в первый год вегетации

№ п/п	Варианты опыта	Урожай зеленой массы, ц/га	Прибавка фитомассы лексирия		Прибавка фитомассы на 1 кг д.в. мин. удобрений, кг
			ц/га	%	
1.	Контроль	116,0	-	-	-
2.	P <sub>30</sub> K <sub>60</sub>	121,8	5,8	5,0	6,4
3.	P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	125,5	9,5	8,2	6,3
4	P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	128,1,0	12,1	10,4	5,8

Длина надземных побегов в период массового цветения достигала 65 – 70 см.

Как и следовало ожидать, вносимые удобрения способствовали увеличению накопления фитомассы относительно контроля. Максимальную прибавку обеспечило повышенное внесение минеральных удобрений. Отмечалось возрастание урожая зеленой массы по мере повышения изучаемых доз вносимых минеральных удобрений с 5,0 % до 10,4 %. При этом максимальную оплату 1 кг д.в. удобрений фитомассой была обеспечена в вариантах с минимальными дозами совместно вносимых фосфорных удобрений. Каких либо четких закономерностей в изменении данного показателя в зависимости от изучаемых повышенных доз вносимых удобрений установлено не было.

**Выводы.** В первый год вегетации душица обыкновенная обеспечивает при средних дозах вносимых удобрений получение от 121,8 до 128,1 ц/га фитомассы лексирия.

#### Список использованной литературы

1. Бейдеман, И.Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Методические указания / И.Н. Бейдеман. – Новосибирск, Сибирское отделение изд-во «Наука», 1985. – 155 с.

2. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 351 с.
3. Зуева, Г.А. Общая фенология. Елабуга: Изд-во ЕГПИ, 2008. – 54 с.
4. Никтенко Г.Ф. Опытное дело в полеводстве / Под. ред. Проф. Г.Ф. Никитенко. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 190 с.
5. Кухарева, Л.В. Технологии возделывания лекарственных растений: методическое пособие / Л.В. Кухарева, Т.В. Гиль – Минск: Минсктиппроект, 2008. – 128 с.

**Abstract.** In the article, supplemented by information on the specifics of cultivation and productivity of oregano (*Origanum vulgare* L.) in the first year of vegetation. Determined the yield of lexaria and efficiency of applied fertilizers.

УДК 631.312.023

**Мисуно О.И.**, кандидат технических наук, доцент;  
**Оскирко А.И.**, старший преподаватель

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

## **К ВОПРОСУ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГОНАСЫЩЕННОГО ТРАКТОРА НА ПАХОТЕ**

***Аннотация.** Передача части мощности двигателя на опорные колёса плуга – перспективное решение проблемы энерго-насыщения современных тракторов. Обращается внимание на вопрос распределения тяговых усилий между трактором (ЭМ) и активной опорной тележкой плуга (ТМ) влияющий на тяговый КПД агрегата.*

Современный трактор сельскохозяйственного назначения характеризуется большой мощностью двигателя. Анализ тракторов, выпускаемых в нашей стране и за рубежом показывает, что уровень энергонасыщения приблизился, а иногда и превышает максимально допустимый.

Сосредоточение больших мощностей в одном агрегате является результатом научно-технического прогресса приведшего к сокра-

щению численности работников занятых в сельскохозяйственном производстве. Это, в свою очередь, требует дальнейшего увеличения производительности труда за счёт повышения энерговооружённости рабочего, в частности, за счёт концентрации мощности в одном агрегате. Но повышение мощности трактора с одновременным увеличением его массы имеет ряд недостатков.

Во-первых, возрастает затраты металла и средств на его производство.

Во-вторых, возрастает мощность, затрачиваемая на самопередвижение трактора. Кроме того, с возрастанием веса увеличивается давление движителей на почву. При этом нарушается дренажная система, воздухо- и влагопроницаемость почвы, что далее, при достаточном внесении удобрений, ухудшает развитие растений и снижает их урожайность. Уплотнение почвы отрицательно влияет на качество работы почвообрабатывающих машин, вызывает нарушение однородности почвы.

Пахота – это самая трудоёмкая и дорогостоящая операция в интенсивном земледелии. На её выполнение затрачивается 35% энергетических и 25% трудовых ресурсов. Поэтому повышение производительности, снижение энергоёмкости пахотных агрегатов, первичная задача в земледелии.

С этой целью предлагается часть мощности двигателя трактора передавать через ВОМ на колёса опорной тележки плуга, т.е. выполнить их активными [2]. Данная концепция развития тракторостроения уже раньше имела место и называлась мобильным энергетическим средством (МЭС). Схема навески плуга между трактором (энергетическим модулем (ЭМ)) и опорной тележкой с активным приводом колёс (технологическим модулем (ТМ)) позволяет практически полностью использовать вес агрегата как сцепной. Такой подход к построению с/х агрегатов не новый. В СССР и за рубежом в разное время было проведено большое количество исследований по передаче части мощности двигателя трактора на колёса прицепов, плугов и др. с/х машин. Все авторы исследований отмечали уменьшение буксования колёс трактора, повышение производительности. Установлено, что колёса с приводом особенно эффективны на тяжёлых переувлажнённых почвах. В проведённых испытаниях на ведущие колёса плуга передавалась мощность до 38 кВт.

Многие работы были направлены на улучшение динамики пахотных агрегатов вследствие обеспечения движения всех колёс по невспаханному полю.

Вопросы, связанные с выбором оптимального отношения окружных скоростей опорно-ведущих колёс плуга и ведущих колёс трактора и перераспределением сил, действующих на плуг при передаче мощности на опорные колёса плуга, в работах не рассматривались. Авторами данных работ отношение окружных скоростей колёс плуга и трактора просто выбиралось. Так, например, в работах Волкова Б.Г., Арсеньева Г.М. окружная скорость опорно-ведущего колеса принималась на 5% больше окружной скорости ведущих колёс трактора, а в работах Афонина Е.Д. и Ключникова В.Д. окружные скорости ведущих колёс были примерно одинаковыми. Однако неправильное соотношение окружных скоростей может привести к возникновению циркуляции паразитной мощности между ведущими колёсами, а также к нерациональному использованию тягово-сцепных свойств ведущих колёс агрегата. При передаче мощности на опорные колёса плуга возникает дополнительная движущая сила, под действием которой происходит изменение сил, действующих на плуг. В результате чего может увеличиться тяговое сопротивление плуга и ухудшается качество обработки почвы. Поэтому необходимо определить картину изменения сил, действующих на плуг в горизонтальной и вертикальной плоскостях, при передаче мощности на его опорные колёса. После этого выбрать соответствующие регулировки плуга для того, чтобы мощность ЭМ использовалась с наибольшей эффективностью.

Большую роль в данном вопросе играет выбор системы отбора мощности на привод колёс ТМ. На ранних стадиях применялся механический способ. И хотя механическая передача имеет высокий к.п.д. (0,86...0,96), не высокие показатели массы и стоимости, она может быть применена для привода лишь простейших механизмов. В тех случаях, когда требуется регулировать частоту вращения, приводить несколько рабочих органов, реверсировать движение механические трансмиссии становятся сложными, металлоёмкими и ненадёжными, а при передаче мощности на большие расстояния трудно осуществимыми. Последние исследования проводились с применением объёмного гидропривода. В Канаде, США, Франции были запатентованы прицепные плуги с задним опорно-ведущим колесом. В Германии выпускался полунавесной плуг с задним управляемым ведущим колесом. Привод осуществлялся гидромотором, встроенным в колесо от насоса гидросистемы трактора или от насоса, приводимого от вала отбора мощности трактора. Такая передача мощности наиболее точно отвечает поставленным задачам. Она

регулируется, реверсируется и легко поддается автоматизации. К.п.д. лучших образцов гидрообъемных передач достигает 0,92 в области максимума нагрузки. Кроме того современные энергонасыщенные трактора уже имеют штатный масляный насос гидросистемы с изменяемой производительностью (например Беларусь 3522). Следует отметить, что недостатком объемного гидропривода является сложность гидроаппаратуры, использование специальных масел, отсюда- большая относительная стоимость.

Большие перспективы видны в использовании электропривода. Встроенные электромоторы, простота передачи энергии, возможность регулирования, реверсирование и автоматизация выдвигают этот привод на первый план. И учитывая, что тракторный завод работает в данном направлении (трактор Беларусь 3022 оснащен электрогенератором), данная система отбора мощности в перспективе является наиболее предпочтительной.

Так как производительность агрегата определяется тяговой мощностью МЭС, в создании которой участвует и технологический модуль, то за критерий оптимизации параметров целесообразно принять тяговый КПД МЭС. Чем больше тяговый КПД, тем лучше используются тяговые возможности агрегата и выше будет его производительность. Значение тягового КПД агрегата при постоянной мощности двигателя в значительной мере зависит от мощности, реализуемой колесами технологического модуля.

Если зависимость между буксованием, сцепной массой и тяговым усилием обоих модулей выразить с помощью формулы Киртбая Ю.К., а влияние скорости движения агрегата на зависимость  $\delta = f(P_{кр})$  не учитывать и рассматривать эту зависимость как линейную, так как она носит линейный характер практически во всем рабочем диапазоне тракторов [1], то буксование ведущих колес модулей определяется по формулам:

$$\delta_{эм} = \frac{a_1 P_{кр эм}}{G_{эм}}, \quad (1)$$

$$\delta_{тм} = \frac{a_2 P_{кр тм}}{G_{тм}}, \quad (2)$$

где  $\delta_{эм}$ ,  $\delta_{тм}$  – буксование колес соответственно энергетического и технологического модулей;

$G_{эм}$ ,  $G_{тм}$  – сцепной вес соответственно энергетического и технологического модулей, Н;

$P_{кр эм}$ ,  $P_{кр тм}$  – тяговое усилие, развиваемое соответственно энергетическим и технологическим модулями, Н;

$a_1$ ,  $a_2$  – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа двигателей (примем  $a_1 = a_2 = a$ ).

Кинематическое несоответствие окружающих скоростей движения колес энергетического и технологического модулей определяется из формулы:

$$K_v = \frac{v_{эм}}{v_{тм}} = \frac{1 - \delta_{тм}}{1 - \delta_{эм}}, \quad (3)$$

где  $v_{эм}$ ,  $v_{тм}$  – теоритическая скорость движения колес соответственно энергетического и технологического модулей,  $\frac{м}{с}$ .

Коэффициент распределения тяговых усилий выразим следующей зависимостью:

$$K_p = \frac{P_{кр тм}}{P_{кр}} \quad (4)$$

тогда  $1 - K_p = \frac{P_{кр тм}}{P_{кр}}$ , (5)

где  $P_{кр} = P_{кр тм} + P_{кр эм}$  – тяговое усилие, развиваемое агрегатом, Н;

После преобразования получаем:

$$P_{кр тм} = \frac{G_{тм} G_{эм} K_p (1 - K_v)}{G_{тм} K_v a (K_p - 1) + G_{эм} a K_p} \quad (6)$$

Анализ выражения (6) показывает, что тяговое усилие, а соответственно и мощность, создаваемое колесами технологического модуля при неизменных параметрах энергетического модуля, зависят от сцепного веса технологического модуля, коэффициента не-

соответствия движения ведущих колес МЭС, а также коэффициента распределения тяговых усилий.

Выводы: Одним из рациональных путей эффективного использования мощности энергонасыщенного трактора является передача части его мощности на опорные колеса сельхозмашин, в частности плугов.

1. Привод опорных колес плуга позволяет существенно снизить буксование ведущих колес трактора, повысить тяговый КПД и тяговую мощность агрегата.

2. Применение привода опорных колес плуга дает ощутимое увеличение производительности агрегата, позволяет уменьшить массу применяемых тракторов, снизить уплотнение почвы. Мощность, реализуемая колесами ТМ зависит от массы плуга и КПД используемой передачи.

3. Перспективный способ передачи мощности на колеса ТМ – электропривод.

4. Известные исследования пахотных агрегатов с опорно-ведущим колесом плуга посвящены, главным образом, изучению влияния привода опорных колес на агротехнические и силовые характеристики плугов.

#### Список использованной литературы

1. Кацыгин, В.В. Перспективные мобильные энергетические средства (МЭС) для сельскохозяйственного производства / В.В. Кацыгин, Г.С. Горин // Мн.: Наука и техника, 1982. – 230 с.

2. Осирко, А.И. К методике определения тяговых показателей технологического модуля пахотного агрегата на основе МЭС. «Совершенствование почвообрабатывающих машин и агрегатов» / А.И. Осирко // Сборник научных трудов. – Горки, 1990. – С.10-15.

**Abstract.** Transfer of a part of engine capacity on basic wheels of a plow – a perspective solution of the problem of power saturation of modern tractors. The attention to a question of distribution of traction efforts between the tractor (EM) and the active basic cart of a plow (TM) influencing traction efficiency of the unit is paid.

УДК 621.436.004.67

**Андруш В.Г.**, кандидат технических наук, доцент;

**Стокин А.В.**, студент

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

## **СОКРАЩЕНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ОБКАТКИ ПРИ РЕМОНТЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

***Аннотация.** Сокращение продолжительность обкатки двигателя в зависимости от его первоначального технического состояния, дает нам возможность снизить время работы, сэкономить топливно-энергетические ресурсы, уменьшить выброс в атмосферу и сократить продолжительность пребывания рабочего во вредных условиях.*

Доходы от работ по капитальному ремонту и модернизации дизельных двигателей позволили руководству компании «Caterpillar» создать новое отделение, выручка от которого в 2005 году достигла 1 млрд. долларов [1].

Важной завершающей технологической операцией ремонта является обкатка автотракторного двигателя. В результате высококачественной обкатки межремонтный срок службы двигателя увеличивается на 20 – 30%. В тоже время на проведение обкатки затрачиваются значительные средства, поэтому задача сокращения времени обкатки двигателей без снижения качества приработки трущихся поверхностей весьма актуальна.

Операторы при обкатке двигателей внутреннего сгорания (ДВС) подвергаются воздействию большего числа опасных и вредных производственных факторов, длительное воздействие которых неблагоприятно отражается на работоспособности и здоровье человека, способствует появлению травм и несчастных случаев.

Вредны для человека твердые частицы сажи, которые являются продуктом крекинга и неполного сгорания топлива из-за больших капель распыленного топлива и малых концентраций кислорода.

При работе дизеля на одну тонну сжигаемого топлива выбрасывается примерно 17 кг твердых частиц сажи.

Токсичность отработавших газов ДВС заложена самим принципом их работы. Рабочий процесс дизелей характеризуется тем, что чем он эффективнее, тем больше производит окислов азота, условиями образования которых являются высокие температуры и давления. При этом концентрация в отработавших газах окиси углерода и углеводородов минимальна. При ухудшении КПД рабочего процесса, что часто имеет место в эксплуатации, образование окислов азота уменьшается, но растут выбросы окиси углерода и углеводородов. Этим обуславливается трудность обеспечения экологической безвредности дизелей.

Высокая шумовая нагрузка вызывает не только функциональные нарушения отдельных систем организма, но и приводит к росту заболеваемости желудочно-кишечного тракта и обменных процессов в организме, сердечно-сосудистыми, нервными и другими болезнями.

Длительное воздействие вибрации на организм приводит к расстройству нервной системы, изменениям сосудов и вестибулярного аппарата. Локальная вибрация поражает нервно-мышечный и опорно-двигательный аппараты, приводит к спазмам кровеносных сосудов [2]. Существует опасность поражения электрическим током, воздействия движущихся и вращающихся частей, высоких температур, электромагнитных полей.

Исследование функционального состояния испытателей, занятых на обкатке дизельных двигателей показали, что к концу смены у них снижается сила (9,2%) и выносливость к статическому усилию (до 29%), на 25% увеличивается время скрытого периода двигательной реакции (на свет и звук), а также увеличивается число ошибок.

За счёт оптимизации режимов при сохранении заданного уровня качества приработки двигателей удалось сократить время приработки, повысить производительность труда и коэффициент загрузки оборудования, общая длительность процесса обкатки двигателя с учетом его технического состояния сокращается не менее чем на 15% [3].

Одним из способов ускорения процесса обкатки является применение ультразвука.

При обкатке двигателей внутреннего сгорания очень важным показателем является состояние смазочного масла. Поскольку смазочное масло обладает изоляционными свойствами, то при трении деталей на поверхности масляной пленки происходит накопление зарядов и как только величина зарядов превысит электрическую прочность масляной пленки, произойдет ее пробой. Поскольку потенциалы электризации смазки велики и могут достигать нескольких десятков вольт, то при пробое происходит интенсивное повышение температуры и износ трущихся поверхностей. Для обеспечения лучшей проводимости масла необходимо измельчить имеющиеся в нем частицы до высокодисперсного состояния. Это возможно сделать при помощи ультразвуковых колебаний. При определенном времени ультразвуковой обработки достигается наименьший размер частиц присадки, что повышает проводимость масла и в целом улучшается его качество. Данный способ обработки масла ультразвуком позволяет снизить продолжительность обкатки, а, следовательно, уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, нахождение рабочего в неблагоприятных условиях труда. [4].

Однако выброс вредных веществ в атмосферу также возможно уменьшить при помощи ультразвуковых колебаний, воздействуя ими на само топливо. Проведенными исследованиями установлено, что в обработанном ультразвуком топливе по сравнению с необработанным содержание фактических смол составляет 6,37 мг против 11,82 мг на 100 мл топлива, т.е. приблизительно 46 % разницы. Следовательно, обработка топлива ультразвуковыми колебаниями снижает интенсивность нагарообразования на деталях цилиндропоршневой группы и выброс вредных веществ при его сжигании [5].

Кроме того, при низких температурах весьма затруднителен запуск двигателя внутреннего сгорания. Это нежелательное явление можно также устранить, воздействуя ультразвуком на топливо, поданного в впускной коллектор двигателя внутреннего сгорания. Там оно предварительно подогревается, тем самым обеспечивая беспрепятственный запуск двигателя внутреннего сгорания в зимнее время [6].

На основании вышеизложенного нами предложено новое устройство для обкатки двигателя внутреннего сгорания, схема которого представлена на рисунке.

Устройство содержит последовательно соединенные двигатель внутреннего сгорания 1, ёмкость отстоя 2, насос перекачки масла 3, блок центрифуг 4, бак со смазочным маслом 5.

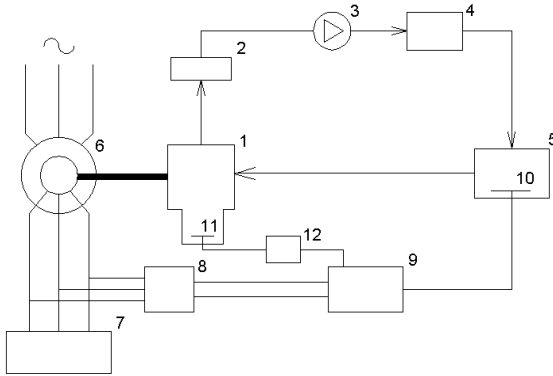


Рисунок — Устройство для обкатки и испытания двигателя внутреннего сгорания  
1 — двигатель внутреннего сгорания; 2 — ёмкость отстоя; 3 — насос перекачки масла;  
4 — блок центрифуг; 5 — бак со смазочным маслом; 6 — электродвигатель;  
7 — нагрузочное устройство; 8 — преобразователь; 9 — ультразвуковой генератор;  
10 — первый ультразвуковой излучатель; 11 — второй ультразвуковой излучатель;  
12 — регулятор изменения частоты и интенсивности ультразвуковых колебаний.

Двигатель внутреннего сгорания 1 механически соединен с электродвигателем 6, причем статорные обмотки электродвигателя 6 соединены с сетью, а роторные обмотки соединены с нагрузочным устройством 7 и преобразователем 8. От преобразователя 8 запитывается ультразвуковой генератор 9, к которому подключен первый ультразвуковой излучатель 10, установленный в баке со смазочным маслом 5 и второй ультразвуковой излучатель 11, помещенный во впускной коллектор двигателя 1 для обработки топлива через регулятор изменения частоты и интенсивности ультразвуковых колебаний 12.

Устройство работает следующим образом. Напряжение с роторных обмоток электродвигателя 6 питает через преобразователь напряжения 8 ультразвуковой генератор 9. С ультразвукового генератора 9 импульсы подаются на первый излучатель 10 для улучшения свойств смазочного масла и второй излучатель 11, находящийся во

впускном коллекторе двигателя внутреннего сгорания 1, для обработки топлива, поступающего в вышеупомянутый двигатель 1, механически соединённый с электродвигателем 6. При запуске двигателя внутреннего сгорания в зимний период второй ультразвуковой излучатель 11 обрабатывает топливо, поступающее в обкатываемый двигатель, повышая его испаряемость и облегчая его запуск, а после его запуска регулятор переходит в режим работы с параметрами ультразвуковых волн, обеспечивающих снижение нагарообразования на деталях цилиндра-поршневой группы.

Данное устройство позволяет улучшить качество обкатки двигателя внутреннего сгорания после изготовления или ремонта за счет обработки топлива и масла ультразвуковыми колебаниями, используя для этого энергию скольжения работающего электродвигателя.

#### Список использованной литературы

1. Модернизация изношенных двигателей фирмы «Caterpillar» // Техника и оборудование для села. – 2007. №2. – С. 39.
2. Суркин, В.И. Основы теории и расчета автотракторных двигателей. Курс лекций. – СПб: Издательство «Лань», 2013. – 304 с.
3. Андруш, В.Г. Селективное установление продолжительности обкатки двигателей / В.Г. Андруш. // Научно – технический прогресс в с/х-ом производстве: материалы МНПК. В 3т. Т.3 – Минск: РУП НПЦ НАНБ по механизации с.х., 201. – С. 120-124.
4. Патент на полезную модель № 1774 от 2005 г.: Устройство для обкатки и испытания двигателей внутреннего сгорания. - Андруш В.Г., Равинский Н.А., Андруш Е. В.
5. Зуев, В.П. Ультразвуковая обработка дизельных топлив как средство борьбы с нагарообразованием. / В.П. Зуев, Г.И. Кряжкова и др. // Надёжность и диагностика двигателей сельскохозяйственных тракторов в эксплуатации. – Л.: ЛСХИ, 1981. – Том 411.
6. Пашенко, В. Ультразвук облегчает запуск / В. Пашенко, Е. Лукин, А. Колосов // Сельский механизатор.– № 3. – 2005.

**Abstract.** Fixing the duration of running in an engine, depending on its initial technical condition, gives us an opportunity to reduce its mean time of running in, to economize fuel-energy resources, to decrease atmospheric emission and to shorten the duration of a worker's stay in harmful conditions.

УДК 004.4

**Панасенко С.И.**, аспирант

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

**ПРОГРАММНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ  
УСТРОЙСТВ «ПРОГРАММОЙ УДАЛЕННОГО  
УПРАВЛЕНИЯ РОБОТИЗИРОВАННЫМИ СИСТЕМАМИ  
«PROGRAM OF REMOTE CONTROL OF  
ROBOTIC SYSTEMS»**

***Аннотация.** В статье представлены сведения о программе удалённого управления роботизированными системами. Описан принцип действия программы и используемое программное обеспечение.*

Согласно немецкой классификации экономическая модель мировой экономики Industrie 1.0 сформировалась при широком распространении ткацкого станка и паровой машины в конце XVIII века, Industrie 2.0 – в начале XX века при переходе к конвейеру, Industrie 3.0 в конце 70-х прошлого века вследствие компьютеризации и распространения станков с ЧПУ. Industrie 4.0, или четвертая промышленная революция, идет сегодня, пока только набирает обороты и заключается в развитии робототехники, дальнейшей дигитализации экономики и автоматизации производства и сферы услуг, расширении применения безлюдных технологий [1]. Эти тенденции актуальны и для сельскохозяйственного производства, где различные системы автоматизированного управления производственными процессами основываются на применении средств электронной и микроконтроллерной техники [2].

По своему внутреннему устройству, программируемые логические контроллеры – это также законченные микропроцессорные системы, но более высокого уровня. В отличие от отдельных микросхем, оперирующих, как правило, с сигналами уровня TTL и ниже, ПЛК оснащены элементами ввода/вывода, работающими со стандартными промышленными сигналами. Все необходимые периферийные устройства, такие как часы реального времени, моду-

ли памяти и т.д. также уже смонтированы внутри корпуса контроллеров. Наружу выведены только клеммные терминалы для подключения соединений с электрической частью технологического процесса [3].

Цель данной работы – показать возможности микроконтроллеров на базе Arduino, которые позволяют компьютеру выйти за рамки виртуального мира в физический и взаимодействовать с ним.

Программа написана языком программирования C/C++ в Microsoft Visual Basic 2010. Основной задачей программы является отслеживание движений тела человека, формирование этих движений в код и отправка этого кода на модуль управления роботизированного устройства. Для отслеживания движений человека программа использует Kinect 360, подключенный к ПК через USB. Модуль управления роботизированного устройства может подключаться к ПК посредством USB, WiFi, Bluetooth, GSM и т.д. К модулю управления могут подключаться различные двигатели и сервоприводы.

Основной экранной формой программы является окно, на котором расположены 3 эллипса оранжевого, черного и зелёного цветов. Эллипс зеленого цвета захватывает левую руку человека, черный – правую, оранжевый – положение тела. При движении руки эллипс следует за ней, перемещаясь в окне по осям Oх и Oу. Максимальным значением на осях является значения  $180^0$ , минимальным –  $0^0$ . Согласно занятому положению эллипса на оси, координаты передаются на модуль управления, который подает сигнал двигателю или сервоприводу, и тот поворачивается на угол от  $0^0$  до  $180^0$ .

Для работоспособности программы требуется специальное программное обеспечение: Microsoft Visual Basic 2010, Kinect for Windows SDK v1.0 и программа для модуля управления роботизированного устройства. Так же требуется наличие самого устройства Kinect 360 и соблюдение COM портов, указанных в программе [4, 5].

Программа представлена файлом RCPR.sln размером 2 кб. Для работоспособности программе требуется файл Coding4Fun.Kinect.WinForm.dll размером 11кб и Microsoft.Expression.Drawing.dll размером 120кб.

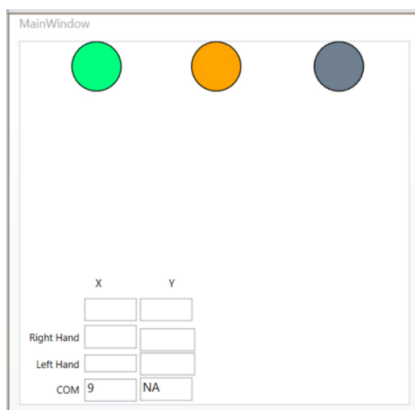


Рисунок 1 – Начальное положение эллипсов



Рисунок 2 – Положение эллипсов во время работы

Программа удаленного управления роботизированными системами «Program of remote control of robotic systems» получила свидетельство о регистрации компьютерной программы в Национальном центре интеллектуальной собственности [6].

#### Список использованной литературы

1. Мир готовится к четвертой промышленной революции. <https://news.tut.by/economics/529643.html>. Дата доступа 01.02. 2017.

2. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков // Минск, БГАТУ, 2014. – 207 с.

3. Микроконтроллеры  
<http://mcucpu.ru/index.php/ucontrollers/raznoe/157-starshie-bratya-mikrokontrollerov>. Дата доступа – 15.04.2017.

4. Ардуино <http://www.arduino.ru/> Дата доступа – 17.04.2017.

5. Уроки С++ с нуля <https://code-live.ru/tag/cpp-manual/> Дата доступа – 19.04.2017.

6. [http://www.belgospatent.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=947&Itemid=74/](http://www.belgospatent.by/index.php?option=com_content&view=article&id=947&Itemid=74) Свидетельство о регистрации компьютерной программы № 908. Программа удаленного управления роботизированными системами «Program of remote control of robotic systems»/ Панасенко С.И., Ванькович И.А., // Заявка № С20160053, дата подачи 30.05.2016. РБ, 2016.

**Abstract.** The program can be used both for training modern specialists in robotics and for solving specific production tasks.

УДК 621.923

**Акулович Л.М.<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор;  
**Сергеев Л.Е.<sup>1</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Мендалиева С.И.<sup>2</sup>**, кандидат технических наук, доцент;  
**Сенчуров Е.В.<sup>1</sup>**, начальник отдела внедрения НТР НИИЭСХ  
БГАТУ

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

<sup>2</sup>АО «Казахский агротехнический университет  
им. С.Сейфуллина», г. Астана, Республика Казахстан

## **ФЕРРОАБРАЗИВНЫЙ ПОРОШОК ДЛЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ АЛМАЗОВ**

**Аннотация.** В работе рассмотрен ферроабразивный порошок, в котором абразивной составляющей являются ультрадисперсные

*алмазы. Проведены экспериментальные исследования магнитно-абразивной обработки поверхности плафонов из латуни. Определены оптимальные режимы магнитно-абразивной обработки, которые обеспечивают высокую светоотражательную способность латунных плафонов.*

Повышение конкурентоспособности продукции является одной из важнейших задач современного машиностроения. Одним из параметров, характеризующих конкурентоспособность изделий машиностроения, является их ресурс работы, который всегда лимитируется той или иной деталью или сборочной единицей. В связи с развитием высокоэффективных процессов изготовления заготовок деталей машин, уменьшается значимость способов черновой обработки материалов резанием. В то же время возрастает роль методов чистой обработки резанием, которые обеспечивают геометрические и физико-механические параметры рабочих поверхностей деталей машин. Одним из перспективных методов финишной обработки эластичным инструментом является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1]. При обработке в магнитном поле переориентация абразивных частиц порошка наиболее острой кромкой к обрабатываемой поверхности осуществляется с помощью энергии магнитного поля.

Особенностью способа является ориентированное абразивное резание. В результате явлений самоорганизации частицы незакрепленного абразива под действием магнитного поля ориентируются перпендикулярно обрабатываемой поверхности. Процесс микрорезания производится постоянно обновляющимися острыми кромками, т.е. на протяжении всего цикла обработки имеет место процесс ориентированного абразивного резания. Для реализации МАО не требуется изготавливать профилирующий абразивный инструмент, а также периодически его править, что в 2 – 3 раза снижает затраты на инструмент. МАО обеспечивает шероховатость поверхности  $Ra=0,01 - 0,4$  мкм, снижение температуры резания по сравнению с традиционными методами абразивной обработки, что способствует образованию нового качества поверхности и структуры поверхностного слоя.

Для эффективной МАО изделий, состоящих из материалов с различными физико-механическими и магнитными свойствами, необходим инструмент – ферроабразивный порошок (ФАП), способный обработать все элементы поверхностей сложного профиля за один переход. В связи с этим необходимо при выборе ФАП преду-

смазывать наличие составляющих, обеспечивающих качественную и эффективную обработку каждого элемента поверхности детали.

В качестве ФАП применяют достаточно большое количество материалов, которые имеют разные физические и специальные свойства. Предложено несколько классификаций ФАП. Однако развитой единой классификации магнитно-абразивных порошков не существует. Наиболее приемлемыми являются классификации по структуре частиц ФАП и по способу их получения [2]. В соответствии с этими подходами отдельно можно выделить магнитно-абразивный инструмент, который состоит из механических смесей магнитных и абразивных составляющих. В качестве магнитной составляющей чаще всего применяют порошки из обычного или легированного железа, а также, специально для работы в переменных магнитных полях – порошки магнитно твердых сплавов (*Fe-Ni-Al*, *Fe-Ni-Al-Co*, ферритов).

Абразивной составляющей могут быть практически все известные абразивные материалы (алмаз, эльбор, корунд, карбид кремния, карбид бора). В магнитном поле происходит формирование магнитно-реологического инструмента. В результате возможно создание ФАП практически любой конфигурации с управляемой интегральной твердостью. Одной из наиболее важных характеристик ферроабразивных порошков является их режущая способность. В [3], а позже в [4] рассмотрена методика ее определения как совокупность показателей: удельного съема материала за единицу времени - характеристика абразивной способности, показателя степени сохранения абразивной способности во времени и достигаемой шероховатости поверхности. Такой подход дает достаточно полную характеристику ФАП и помогает при выборе порошка.

В работе рассмотрен ФАП АСМ, в котором абразивной составляющей являются ультрадисперсные алмазы. На рисунке представлена поверхность частицы порошка, эвтектика которой имеет массивное образование, выполняющей роль матрицы, с ярко выраженной тенденцией к окружению включений алмаза чаще всего в виде ограниченных октаэдров. Их микротвердость является аномально высокой и достигает 40 ГПа. Агрегатная микротвердость матрицы составляет 6-7 ГПа. Алмазные зерна являются структурными центрами окружающих их эвтектических участков. При стабилизации устойчивого продвижения эвтектического фронта, образующиеся при кристаллизации матрицы отростки определяют зональное

строение и определяет внешний вид колоний. Кристаллам алмаза свойственно в процессе образования частицы относительно слабое реагирование на локальные изменения температуры и концентрации расплава, что объясняется низкой степенью смачиваемости.

Проведены экспериментальные исследования МАО поверхности плафонов (материал Л63) для достижения высокой светоотражательной способности  $\Phi=75 - 80 \%$ . Параметры и режимы МАО: величина магнитной индукции  $B=0,5 - 1,0$  Т; частота вращения детали  $n = 1 - 3$  м/с; скорость осцилляции  $V_0=0,1 - 0,25$  м/с; величина рабочего зазора,  $\delta=1 - 4$  мм; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $k_3=1$ ; размерность частиц ФАП  $\Delta=63/100$  мкм; ФАП – Полиам-Т ТУ 06459–81 и АСМ ГОСТ 9206–70; СОТС – СинМА-1 ТУ 38.59.01176–91, 3 %-ный водный раствор; расход СОТС – 50, 100, 150, 200, 250 мл/мин; скорость подачи СОТС  $w = 0,55$  м/с; время обработки  $t=120$  с. Черновая обработка плафонов производилась путем использования ФАП Полиам-Т в течение 60 с, а окончательная обработка проводилась с применением ФАП АСМ также в течение 60 с.

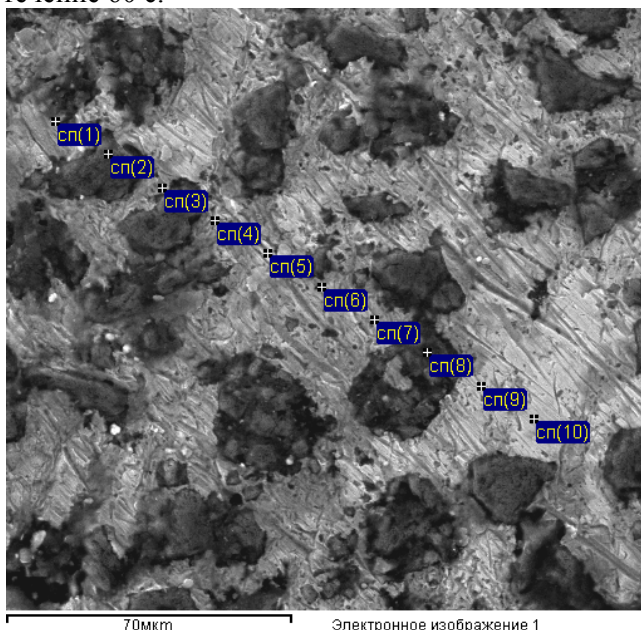


Рисунок – Микроструктура материала ФАП АСМ

В результате проведенных экспериментальных исследований определены оптимальные режимы МАО:  $B=0,75$  Т;  $V_0=0,15$  м/с;  $\delta=1,5$  мм, которые обеспечивают высокую светоотражательную способность плафонов (75 – 80 %). ФАП на основе ультрадисперсных алмазов являются перспективным режущим инструментом, так как имеют чрезвычайно малый радиус скругления режущих кромок, высокую прочность частиц алмаза и низкий коэффициент их трения об обрабатываемую поверхность.

#### Список использованной литературы

1. Акулович, Л. М. Основы профилирования режущего инструмента при магнитно-абразивной обработке / Л.М. Акулович, Л.Е. Сергеев. – Минск : БГАТУ, 2014. – 280 с.
2. Гнесин, Г.Г. Принципы создания магнитно-абразивных материалов / Г.Г. Гнесин, М.Д. Крыский, Л.Н.Тулъчинский // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев : ИПМ АН УССР. – 1980. – С. 17-25.
3. Барон, Ю. М. Физические основы работы магнитно-абразивных материалов / Ю. М. Барон // Магнитно-абразивные материалы и методы их испытания. – Киев : ИПМ АН УССР, 1980. – С. 10-17.
4. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная и магнитная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л. : Машиностроение, 1986. – 172 с.

**Abstract.** In this work, a ferroabrasive powder is considered, in which the abrasive component is ultradisperse diamonds. Experimental studies of magnetic abrasive surface treatment of plafonds made of brass have been carried out. Optimal modes of magnetic abrasive processing are determined, which ensure high reflective ability of brass plafonds.

УДК 621.923

**Сергеев К.Л.**, магистр технических наук  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ЗАВИСИМОСТЬ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ ЭМУЛЬСИОННОЙ СОЖ ОТ ДИСПЕРСНОСТИ МАСЛЯНОЙ ФАЗЫ И ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ**

***Аннотация.** Экспериментально исследована зависимость краевого угла смачивания эмульсионной смазочно-охлаждающей жидкости от дисперсности масляной фазы и шероховатости поверхности.*

В настоящее время обработка лезвийным режущим инструментом является доминирующим методом формообразования деталей в машиностроении, эффективность которого в значительной мере определяется применением смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС). Наибольшую долю (до 95%) таких средств составляют смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ).

Применение СОЖ при обработке резанием приводит к улучшению качества поверхности, повышает производительность обработки, снижает деформацию деталей вследствие регулирования теплового режима, удаляет отходы обработки из зоны резания, что в дальнейшем способствует постоянному протеканию процесса течения [1]. В процессе резания СОЖ обладают комплексом функциональных свойств: смазывающее, охлаждающее, моющее, диспергирующее (режущее) [2].

Наибольшее влияние при обработке резанием на обрабатываемую поверхность оказывает смазывающее действие. Суть смазывающего действия СОЖ состоит в образовании граничной пленки, которая защищает поверхность контакта обрабатываемого и инструментального материалов от физико-химической и механической деструкции. Смазывающее действие важно как средство уменьшения термических напряжений в поверхностном слое пластичных

материалов, которые могут приводить к появлению дополнительных дефектов в обработанной поверхности.

Исходя из положений теории П.А. Ребиндера, можно сформулировать требования к физико-механическим свойствам сред, применяемых с целью интенсификации процессов механической обработки. СОЖ необходимо обладать высокой скоростью растекания, соизмеримой со скоростью образования микросколов при резании, для чего они должны иметь низкое поверхностное натяжение [3,4]. Чем ниже поверхностное натяжение СОЖ, тем стабильнее система. Смачивание жидкостью поверхностей заготовки и инструмента является необходимой предпосылкой для проявления смазывающего действия СОЖ, которое влияет на проникновение жидкости в зону резания, на размер эффективной площади теплопереноса при охлаждении, зависящее от материала и микрогеометрии поверхности, химического состава жидкости, наличия микронеровностей и трещин на обрабатываемой поверхности. Оценка степени смачивания по поверхностному натяжению жидкости на границе раздела фаз «тело-жидкость» выполняется по краевому углу смачивания.

Значительное влияние на смачивание поверхностей СОЖ оказывает микрорельеф поверхности. Подобное влияние можно объяснить тем, что на поверхности с меньшей шероховатостью СОЖ проникает в углубления поверхности подобно тому, как она всасывается в смачиваемые ею капилляры и вследствие чего улучшается смачивание поверхностей [5]. Большое значение имеет также и увеличение вязкости жидкостей в различных технологических процессах. Так по ряду экспериментов, проводившихся с разными видами СОЖ, вязкость эмульсий зависит от их дисперсности, т.е. от размеров капель дисперсной фазы, что в свою очередь приводит к увеличению смазывающего действия СОЖ [6,7].

Цель исследования – произвести оценку изменения краевых углов смачивания в зависимости от дисперсности водомасляных эмульсионных СОЖ и шероховатости обработанной поверхности.

Для экспериментальных исследований применялась 5%-ая водная эмульсия СОЖ, приготовленная на основе концентрата, в состав которого входят отходы масложирового производства [8].

Для проведения экспериментов эмульсии СОЖ подвергали ультразвуковому (УЗ) диспергированию. Диспергирование осуществляли с помощью низкочастотного ультразвукового диспергатора погружного типа (производство БГУИР, Беларусь) по методике аналогичной описанной ранее [8]. Для определения среднего размера масляных капель использовали компьютерный микроскоп (производство ЧНПУП «Спектравтоматкомплекс», Беларусь) и специальную для обработки и анализа изображений «AutoScanStudio» (ЗАО «Спектроскопические системы», Беларусь).

Результаты экспериментов по диспергированию эмульсии СОЖ показаны в таблице.

Таблица – Результаты экспериментов по изменению среднего размера  $R_{\text{ср}}$  масляных капель СОЖ от длительности  $t$  ультразвуковой обработки

Эмульсия СОЖ	До обработки	10 мин	20 мин	30 мин	40 мин
$R_{\text{ср}}$ , мкм	5,36	3,77	2,60	1,96	1,33

Для измерения краевого угла смачивания использовали метод лежащей капли [9]. В основе метода – определение параметров профиля капли, лежащей на плоской поверхности твердого тела. Для измерения краевого угла смачивания был предложен комплекс устройств, структурная схема которого представлена на рисунке 1 [10].

Процесс измерения заключается в следующем. На столик устанавливают образцы материала Ст.3 ГОСТ 380-2005, имевших шероховатость  $R_a = 1,6; 1,25; 0,8$  мкм, измеренную предварительно при помощи профилометра-профилографа Mitutoyo SurfTest SJ-201 (Япония).

На поверхность пластин, которые предварительно обезжирили ацетоном, затем промывали спиртом и просушивали, формировались капли одинакового размера эмульсии СОЖ, диаметр которых составляли  $\approx 2$  мм. Далее каплю освещали лампой и ее профиль фиксировали при помощи фотоаппарата (Canon EOS 1200D). Изображение капли обрабатывали в CorelDraw при помощи которой производили измерения краевых углов смачивания эмульсии СОЖ различной дисперсности. Для каждого из образцов эмульсии формировали по несколько капель и фотографировали их по два-три

раза во избежание погрешности. Полученные данные обрабатывали статистически.

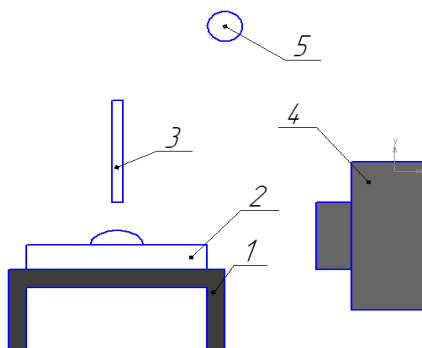


Рисунок 1 – Структурная схема комплекса устройств для определения краевого угла смачивания: 1 – столик, 2 – образцы материала (пластины), 3 – устройства формирования капли (шприц), 4 – фотоаппарат, 5 – источник света (лампа)

Результаты экспериментальных исследований показаны на рисунках 2 и 3.



Рисунок 2 – Образец из Ст.3 с нанесенным на его поверхность каплей водомасляной эмульсионной СОЖ ( $R_d = 1,6$  мкм)

Смачивающее действие СОЖ возрастает прямо пропорционально увеличению дисперсности. Изменение краевых углов от шероховатости в отношении различных СОЖ носит линейный характер. Исходя их полученных результатов, можно сделать вывод, что повышение дисперсности масляной фазы водомасляных эмульсионных СОЖ оказывает существенное влияние на изменение крае-

вого угла смачивания. По мере увеличения дисперсности СОЖ и уменьшения микрорельефа обрабатываемого материала эффект смачивания становится более заметным.

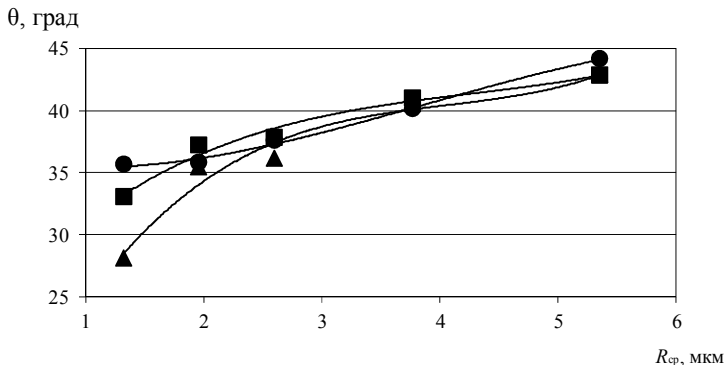


Рисунок 3 – Зависимость изменения краевого угла смачивания  $\theta$  от среднего размера масляных капель эмульсии СОЖ: ● – для пластины с  $R_a = 1,6$  мкм, ■ – для пластины с  $R_a = 1,25$  мкм, ▲ – для пластины с  $R_a = 0,8$  мкм

Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы для улучшения функциональных свойств СОЖ при их использовании в процессах обработки металлом резанием.

#### Список использованных источников

1. Латышев, В.Н. Повышение эффективности СОЖ / В.Н. Латышев. - М.: Машиностроение, 1975. – 89 с.
2. Худобин, Л.В. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: справочник / Л.В. Худобин – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.
3. Зимон, А.Д. Адгезия жидкости и смачивание / А.Д. Зимон. – М.: Химия, 1974. – 413 с.
4. Абрамзон, А.А. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справочник / А. А. Абрамзон, Е. Д. Щукин. – Л.: Химия, 1984. – 392 с.
5. Воюцкий, С.С. Курс коллоидной химии / С.С. Воюцкий – М.: Химия, 1975. – 512 с.

6. Виноградов, Д. В. Применение смазочно-охлаждающих технологических средств при резании металлов: учеб. пособие. Ч.1: Функциональные действия. / Д.В. Виноградов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. – 90 с.

7. Pal, R. Effect of Droplet Size on the Rheology of Emulsions / R. Pal // AIChE J. – 1996. – Vol. 42, Is. 11. – P. 3181-3190.

8. 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.

9. Круглицкий, Н. Н. Основы физико-химической механики / Н.Н. Круглицкий. – К.: Вища школа. – 1975. – 268 с.

10. Киселев, М.Г. Определение краевого угла смачивания на плоских поверхностях / М.Г. Киселев, В.В. Савич, Т.П. Павич // Вестник БНТУ. – 2006. – № 1. – С. 38-41.

**Abstract.** The dependence of wetting angle of water-oil cutting emulsion on oil phase dispersion and surface roughness is studied experimentally.

664.6:621.31

**Панасенко С.И.,** аспирант

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО УЧЁТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ЛИНИИ**

**Аннотация.** В статье представлены результаты работы внедрения на хлебопекарной линии автоматизированной системы технического учёта электроэнергии и анализа полученных результатов.

По назначению АСТУЭ предприятия подразделяют на системы коммерческого и технического учета. Коммерческим, или расчет-

ным учетом называют учет выработанной и отпущенной потребителю (предприятию) энергии для денежного расчета за нее (соответственно приборы для коммерческого учета называют коммерческими, или расчетными).

Техническим, или контрольным учетом называют учет для контроля процесса энергопотребления внутри предприятия по его подразделениям и объектам (соответственно используются приборы технического учета) [1]. Системы АСТУЭ коммерческого и технического учета могут быть реализованы как отдельные системы или как единая (смешанная) система.

До недавнего времени в реализации систем АСТУЭ на предприятиях преобладал второй подход, но появление новой техники сделало предпочтительным создание отдельных систем (отдельных, по крайней мере, на среднем уровне АСТУЭ). Этому способствовала и сама специфика этих двух видов учета. Коммерческий учет консервативен, имеет устоявшуюся схему энергоснабжения, для него характерно наличие небольшого количества точек учета, по которым требуется установка приборов повышенной точности, а сами средства учета нижнего и среднего уровня АСКУЭ должны выбираться из государственного реестра измерительных средств. Кроме того, системы коммерческого учета в обязательном порядке пломбируются, что ограничивает возможности внесения в них каких-либо оперативных изменений со стороны персонала предприятия.

Технический учет, наоборот, динамичен и постоянно развивается, отражая меняющиеся требования производства; для него характерно большое количество точек учета по разным видам энергоресурсов, по которым можно устанавливать в целях экономии средств приборы пониженной точности, причем выбор этих приборов не обязательно должен делаться из госреестра. Отсутствие пломбирования приборов энергосбытовой организацией позволяет службе главного энергетика предприятия оперативно вносить изменения в исходные данные установленных приборов в соответствии с текущими изменениями в схеме энергоснабжения предприятия [1].

Цель данной работы – внедрение АСТУЭ с организацией рационального потребления энергоресурсов и снижение удельных затрат энергоресурсов на единицу продукции.

Хлебопекарная промышленность относится к ведущим пищевым отраслям АПК и выполняет задачу по выработке продукции первой необходимости [2].

Для функционирования АСТУЭ на базе лаборатории по выпечке хлебобулочных изделий УО «Слуцкий государственный колледж» установлен счетчик электрической энергии переменного тока статический «Гран-Электро СС-301» (непосредственное включение). Счетчик электрической энергии «Гран-Электро СС-301» предназначен для измерения активной и реактивной энергии и мощности в трёхфазных сетях переменного тока и применяется для коммерческого и технического учёта электроэнергии на промышленных предприятиях, энергосистемах, используется автономно или в составе автоматизированной системы контроля и учёта электроэнергии.

Для работы в составе автоматизированной системы учёта и контроля электросчётчик позволяет:

- производить корректировку времени по цифровому интерфейсу;
- получить именованные величины в соответствии с заданными коэффициентами;
- получить сертифицированные измеренные значения токов и напряжений;
- производить операции с параметрами и данными (считывание и запись).

На долю хлебопекарных печей приходится основная часть энергопотребления на предприятиях; на втором месте стоят электродвигатели, приводящие в действие мешалки и вентиляторы. В структуре энергопотребления отрасли 5-10% составляет электроэнергия, 90-95% – топливо и теплоэнергия. Относительное потребление электроэнергии на предприятиях хлебопекарной промышленности по секторам составляет: хлебопекарные печи – 77%, нагрев воды – 4%, коммунальные услуги – 14%, расстоечные шкафы – 5%; газа: охладители для выпеченного хлеба – 20%, холодильное оборудование – 7%, воздухообработка – 5%, хлебопекарные печи – 15%, сжатый воздух – 7%, устройства для выгрузки из форм – 5%, мешалки – 10%, конвейерные ленты – 6%, расстоечные шкафы – 5%, другое – 20% [2].

Ассортимент выпускаемой продукции в пекарне довольно разнообразен: булочки, пирожки, пиццы, песочное печенье, торты и т.д. Исследования проводились на наиболее часто выпекаемой продукции-сметаннике.

Как было отмечено ранее, основная часть энергопотребления на предприятии хлебопекарной промышленности приходится на долю печей, следовательно, автоматизированная система технического учёта электроэнергии установлена на конвекционную печь Fimor G 6411.

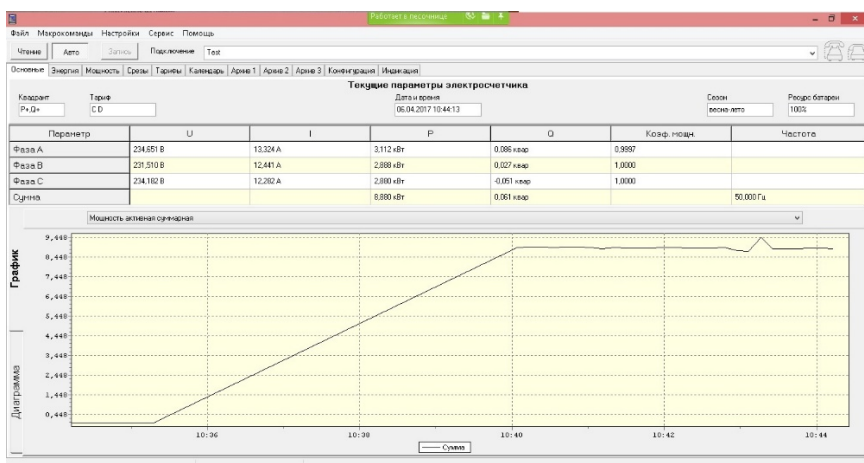


Рисунок 1 – Полученные данные активной суммарной мощности печи при выпечке сметанников

Таким образом, проведенные исследования по выпечке сметанников позволили выявить зависимости потребления электрической энергии.

Результаты обработки полученных данных выводятся на экран ноутбука, установленного непосредственно в лаборатории, что позволяет отслеживать расход электроэнергии и потребление мощности при выпечке хлебобулочной продукции в реальном времени в 30 минутном интервале.

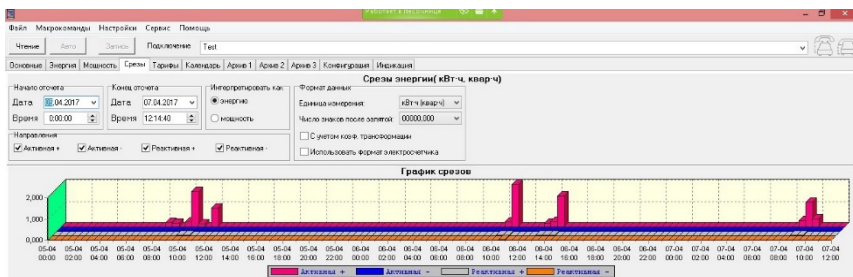


Рисунок 2 – Потребление энергии в получасовых интервалах с 05 апреля по 07 апреля 2017 года при расстойке и выпечке в печи Fimor G 6411

### Вывод:

- в зависимости от вида выпекаемой продукции в печи, для расчётов и анализа берутся только соответствующие значения срезов мощностей и энергии;
- при увеличении температуры в печи наблюдается сокращение времени выпечки;
- время выпечки зависит от размеров изделия, их массы, и от количества изделий;
- при снижении влажности теста сокращается время выпечки, но увеличивается время перемешивания тестомесильной машиной.

### Список использованной литературы

1. [http://www.protesys.ru/projects/st\\_astye1.pdf](http://www.protesys.ru/projects/st_astye1.pdf) / Автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах. Дата доступа – 16.04.2017.
2. Приоритеты текущего периода // журнал «ХЛЕБОПРОДУКТЫ». – 2016. – №12. – С. 6-7.
3. Студенческая библиотека онлайн (info{at}studbooks.net) [http://studbooks.net/651932/ekologiya/potreblenie\\_prirodnih\\_resursov\\_proizvodstve\\_hlebnoy\\_produktsii/](http://studbooks.net/651932/ekologiya/potreblenie_prirodnih_resursov_proizvodstve_hlebnoy_produktsii/) Дата доступа – 12.04.2017.

**Abstract.** The automated system of technical energy accounting can be used on the bakery line to determine the cost of energy for the process.

УДК 378.14:663

**Занкович Е.П.**, кандидат филологических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ - ЗАЛОГ КАЧЕСТВЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

***Аннотация.** В статье рассматриваются принципиально новые методики, основанные на креативной системе обучения, которая предполагает развитие творческого мышления, воображения, интуиции.*

Внедрение в учебный процесс новых образовательных технологий сегодня как нельзя актуально, так как реалии современной жизни предъявляют к выпускникам высших учебных заведений высокие требования. Практика показывает, что обучение с использованием только традиционных технологий уже не отвечает современным условиям, оно не позволяет в полной мере развить базовые компетенции по конкретным учебным дисциплинам.

В образовательный процесс нужно целенаправленно внедрять интерактивные технологии обучения, такие как игры, тренинги, кейсы, игровое проектирование и др., потому что они во многом формируют профессиональные умения и навыки, создают предпосылки для психологической готовности внедрять в практику полученные знания.

Преподаватели сталкиваются, с одной стороны, с невероятным разнообразием технологий и методов: от лекций и семинаров до деловых игр и мозговых штурмов, с другой стороны, с отсутствием информации о том, с какой целью лучше всего использовать те или иные интенсивные технологии, как их применить в учебном процессе и как с их помощью повысить качество подготовки будущих специалистов

Подготовка квалифицированных специалистов, соответствующих современным требованиям, невозможна при использовании только традиционных технологий и методов обучения. Динамично изменяющиеся условия жизни нашего общества требуют поиска новых путей решения задач, которые ставятся перед высшим инженерным образованием.

Поток технической информации ежедневно увеличивается. Развитие техники и технологий требуют подготовки специалистов с познавательными наклонностями, способных к творчеству и вы-

держке в условиях неопределенности. Современный специалист должен быть ориентирован на решение как текущих задач, так и задач будущего. В этих условиях формирование личности инженера, наделенного чувством ответственности и творческим началом требует принципиально новых образовательных подходов в системе высшего образования.

Получить современное качественное инженерное образование в условиях слабой учебной исследовательской базы с использованием традиционных методик практически невозможно. Необходимы принципиально новые методики, основанные на креативной системе обучения, которая предполагает развитие творческого мышления, воображения, интуиции, девизом которой является «создай». К сожалению, репродуктивные методы обучения, которые традиционно используются в вузах, не позволяют в должной мере развивать гибкость мышления, самостоятельность, навыки поисковой деятельности. Для креативной системы обучения основным видом являются активное участие студентов в семинарах, диспутах, научно-исследовательской работе, конкурсах, олимпиадах. Для репродуктивной системы обучения лекция с такой формой контроля, как вербальный ответ студента, является основным видом работы.

Используя опыт отечественной высшей школы, ее лучшие традиции, а также с учетом реалий сегодняшнего времени, можно решить проблему качественной подготовки инженерных кадров. Для этого необходимо, на наш взгляд, осуществить модернизацию баз специальных кафедр, оснастив их современным оборудованием, эффективно использовать студенческий потенциал в период практик, дипломного проектирования.

Работа по совершенствованию учебного процесса должна проводиться по следующим основным направлениям:

- адаптация первокурсников к условиям высшей школы;
- совершенствование теоретической подготовки;
- использование в учебном процессе новых активных образовательных технологий;
- обобщение практики сельскохозяйственного производства и мирового опыта, позволяющее формировать творческое мировоззрение будущего специалиста, ориентированного на профессиональную деятельность в условиях рыночной экономики.

Советская школа подготовки инженерных кадров обеспечивала хорошее фундаментальное образование, прочное владение знаниями-

ми и навыками по конкретной специальности, индивидуальную работу с талантливой молодежью в рамках студенческих НИР, которая позволяла выявить способности и наклонности к научной или инженерной деятельности. Инженеры будущего должны обладать более широким набором качеств. Кроме твердых фундаментальных знаний в области естественных наук, глубоких знаний в области инженерных технологий, они также должны обладать способностью к инновациям и системному мышлению. Решать технические проблемы, уметь работать в команде, обладать коммуникационными и управленческими навыками. Также, что на наш взгляд, самое главное – признание необходимости и наличие потребности в непрерывном образовании на протяжении всей трудовой деятельности.

Хорошо известно, что невозможно обеспечить студентов инженерных специальностей всеми знаниями, которые им могут понадобиться на практике. Профессиональные навыки зачастую устаревают так быстро, что инженерное образование не достигает своей цели, если оно не позволяет выпускникам возобновлять свои знания и умения постоянно. Обучение тому, как учиться, и особенно тому, как переучиться, становится все более важной задачей. Непрерывное образование в течение всей жизни должно стать потребностью инженера. Положительное отношение к обучению и желание учиться всегда должны быть ключевыми потребностями, поскольку сегодня наблюдается низкий уровень желания обучаться в течение всей жизни.

Подготовка будущего элитного инженерного корпуса потребует колоссальных усилий профессорско-преподавательского состава, перестройки всего учебного процесса, обновления содержания учебных курсов, добавления новых. В обществе, где успех в большей степени основан на знаниях, навыках и способности к обучению, система образования играет ключевую роль.

#### Список использованной литературы

1. Панфилова, А.П. Инновационные педагогические технологии: Активное обучение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.П. Панфилова. - М.: Издательский центр «Академия», 2009. - 192 с.

**Abstract.** The article deals with fundamentally new methods based on a creative learning system that involves the development of creative thinking, imagination, and intuition.

УДК 378.1 : 001.895

**Гринцевич Т.И.**, кандидат филологических наук, доцент;  
**Дятко И.М.**, старший преподаватель  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ – НОВЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

***Аннотация.** В данной статье рассматриваются уже разработанные, специально спроектированные и вновь появившиеся благодаря педагогической инициативе инновационные методы обучения, без которых невозможно представить современное образование.*

Инновационный характер образования становится важнейшим инструментом в его конкуренции с другими социальными институтами. В современной социально-экономической ситуации не только содержание, но и формы, технологии обучения важны для создания позитивной ориентации молодёжи на образование. Развитие новых методов и каналов образования становится настоятельной необходимостью.

Под **инновациями** в образовании понимается процесс совершенствования педагогических технологий, совокупности методов, приемов и средств обучения. В настоящее время инновационная педагогическая деятельность является одним из существенных компонентов образовательной деятельности любого учебного заведения.

В педагогическом процессе инновационные методы обучения предусматривают введение новшеств в цели, методы, содержание и формы обучения и воспитания, в совместную деятельность преподавателя и учащегося. Эти инновации могут быть специально спроектированными, уже разработанными или вновь появившимися благодаря педагогической инициативе.

Главной задачей высшего учебного заведения на современном этапе является подготовка специалистов, способных нестандартно, гибко и своевременно реагировать на изменения, которые происходят в мире. Поэтому для подготовки студентов к профессиональной деятельности в будущем и используются инновационные методы обучения в вузе.

**Метод портфолио (Performance Portfolio or Portfoliac Assessment)** - современная образовательная технология, в основе которой лежит метод аутентичного оценивания результатов образовательной и профессиональной деятельности. Данный метод чаще всего соотносят со сферой образования, хотя в широком смысле этого понятия он применим для любой практико-результативной деятельности. По видам практико-результативной деятельности в вузе различают портфолио образовательное и портфолио профессиональное.

**Метод проблемного изложения** — метод, при котором педагог, используя самые различные источники и средства, прежде чем излагать материал, ставит проблему, формулирует познавательную задачу, а затем, раскрывая систему доказательств, сравнивая точки зрения, различные подходы, показывает способ решения поставленной задачи. Студенты как бы становятся свидетелями и соучастниками научного поиска.

**Проблемно-поисковые методы обучения** (усвоение знаний, выработка умений и навыков) осуществляются в процессе частично поисковой или исследовательской деятельности обучаемых; реализуются через словесные, наглядные и практические методы обучения, интерпретированные в ключе постановки и разрешения проблемной ситуации.

**Научно-исследовательская работа студентов, встроенная в учебный процесс**, - такие работы выполняются в соответствии с учебными планами и программами учебных дисциплин в обязательном порядке; результаты всех видов научно-исследовательской деятельности студентов, встроенной в учебный процесс, подлежат контролю и оценке со стороны преподавателя.

**Проблемное обучение:**

1) технология, направленная в первую очередь на «возбуждение интереса». Обучение заключается в создании проблемных ситуаций, в осознании и разрешении этих ситуаций в ходе совместной деятельности обучающихся и преподавателя при оптимальной самостоятельности студентов и под общим направляющим руководством преподавателя;

2) активное развивающее обучение, основанное на организации поисковой деятельности обучаемых, на выявлении и разрешении ими реальных жизненных или учебных противоречий. Фундаментом проблемного обучения является выдвижение и обоснование

проблемы (сложной познавательной задачи, представляющей теоретический или практический интерес).

**Практико-ориентированные проекты** - особенность данного типа проектов состоит в предварительной постановке чёткого, значимого для студента, имеющего практическое значение результата, выраженного в материальной форме. Разработка и проведение данного типа проектов требует детальности в проработке структуры, в определении функций участников, промежуточных и конечных результатов. Для данного типа проектов характерен жёсткий контроль со стороны координатора и автора проекта.

**Творческие проекты** - их особенность заключается в том, что они не имеют заранее определённой и детально проработанной структуры. В творческом проекте преподаватель (координатор) определяет лишь общие параметры и указывает оптимальные пути решения задач. Необходимым условием творческих проектов является чёткая постановка планируемого результата, значимого для студентов.

**Лекция-визуализация** — при чтении лекции-визуализации соблюдается принцип наглядности; лекция представляет собой информацию, преобразованную в визуальную форму. Видеоряд, будучи воспринятым и осознанным, может служить опорой адекватных мыслей и практических действий. Видеоряд должен не только иллюстрировать устную информацию, но и сам быть носителем содержательной информации. При подготовке к лекции содержание должно быть перекодировано в визуальную форму. Важно соблюдать визуальную логику и ритм подачи материала, дозировку, стиль общения.

Таким образом, научная основа преподавания – это тот самый фундамент, без которого невозможно представить современное образование.

Инновационные методы позволяют изменить и роль преподавателя, который является не только носителем знания, но и наставником, инициирующим творческие поиски студентов.

#### Список использованной литературы

1. По материалам Специализированного образовательного портала Инновации в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.openclass.ru/>.

2. По материалам интернет-журнала «Эйдос» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.eidos.ru/journal>.

3. Открытый класс. Сетевые образовательные сообщества. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.openclass.ru/>.

**Abstract.** This article deals with the innovative teaching methods already developed, specially designed and re-introduced due to the pedagogical initiative, without which it is impossible to imagine modern education.

УДК 378.14

**Копань Л.И.**, кандидат филологических наук, доцент  
*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ УМЕНИЙ БУДУЩИХ АГРОИНЖЕНЕРОВ**

**Аннотация.** В статье представлена технология формирования исследовательских умений будущих агроинженеров в процессе обучения в высшем учреждении образования.

Одним из направлений реформирования системы образования Республики Беларусь является внедрение инновационных технологий, имеющих целью развитие личности будущих специалистов агротехнического профиля. Владение исследовательскими умениями в условиях инновационного развития становится важным средством профессионального роста будущего агроинженера.

Понятие «технология» уже давно является частью тезауруса педагогики. Технология реализуется как систематическая целенаправленная, сознательно проектируемая деятельность, отличающаяся от неструктурированного элементарного исполнения, поэтому служит достижению цели с наименьшими затратами [1]. Технологическим принципом профессиональной подготовки агроинже-

нера является единство целей, содержания, методов обучения, создающих ориентацию на будущую профессию.

Технология формирования исследовательских умений будущих специалистов в образовательном процессе учреждения высшего образования представляет собой системную совокупность психолого-педагогических процедур, последовательность операций и действий, составляющих в своем единстве целостную дидактическую систему, реализация которой в педагогической практике приводит к достижению конкретных целей – формированию исследовательских умений студентов [2].

Согласно концепции, предложенной А.И. Савенковым, формирование исследовательских умений и навыков осуществляется по трем направлениям: через систему упражнений, через проведение учебных исследований, через публичную презентацию учебно-исследовательских работ [3, с. 272]. Обучаясь теоретико-методическим основам исследовательской деятельности, студенты формируют соответствующие навыки и умения, «вооружаются» современными средствами сбора и обработки информации.

Групповые и индивидуальные задания на учебных занятиях способствуют систематической и эффективной отработке исследовательских умений и навыков путем ритмично повторяющихся умственных действий, манипуляций, практических операций в процессе обучающего взаимодействия субъектов образовательного процесса в условиях коммуникативного пространства на учебных занятиях. Выполнение предлагаемых преподавателем заданий предполагает трансформацию части знаний студентов в умения и навыки, обеспечение им возможности умелого практического действия, воспроизводящей и творческой деятельности. Только глубокое понимание студентами приобретенных знаний обеспечивает возможность овладения прочными исследовательскими умениями и навыками [4, 5].

Так при изучении дисциплины «Иностранный язык» предлагаются многочисленные задания, направленные на формирование элементарных исследовательских умений и навыков. Например, установление соответствия между термином и его определением. Наиболее эффективно, когда количество терминов и определений не совпадает, некоторые термины имеют два и более определения.

Студентам важно видеть, что созданные ими «продукты» (тесты, ребусы, кроссворды, схемы) интересны другим и имеют практическое применение. Поэтому в процессе обучения иностранному языку активно используется материал, подготовленный студентами на занятиях и во время самостоятельной внеаудиторной работы [5].

Систематическая самостоятельная работа – одно из необходимых условий успешного изучения дисциплины «Иностранный язык», в которой можно выделить два уровня: управляемая преподавателем самостоятельная работа студентов и собственно самостоятельная работа.

Под управляемой самостоятельной работой студентов (УСРС) можно понимать составную часть любого вида учебных занятий с познавательной целью, т.е. все то, что студент должен сам выполнить, проработать, изучить по заданию, а также под руководством и контролем преподавателя. Управляемая самостоятельная работа студентов - это такой вид деятельности, наряду с практическими занятиями, в ходе которой студент, руководствуясь специальными методическими указаниями преподавателя, приобретает и совершенствует исследовательские знания, умения и навыки, накапливает опыт практической деятельности.

Основная задача организации управляемой самостоятельной работы студентов заключается в создании психолого-дидактических условий развития интеллектуальной инициативы и мышления на занятиях любой формы. Основным принципом организации УСРС является перевод всех студентов на индивидуальную работу с переходом от формального выполнения определенных заданий при пассивной роли студента к познавательной активности с формированием собственного мнения при решении поставленных проблемных вопросов и задач. Цель УСРС - научить студента осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою квалификацию [4].

В процессе выполнения заданий студентам приходится сталкиваться с аутентичными материалами сельскохозяйственной

направленности, что в данное время стало возможным не только благодаря наличию большого количества аутентичных учебных материалов, но и возможностью доступа к сети Интернет. Такие материалы содержат большой лингвострановедческий потенциал. Кроме того, тематика заданий углубляет и расширяет знания студентов о культуре, быте, обычаях, этике страны изучаемого языка. Таким образом, происходит формирование исследовательских умений будущих специалистов. Особенно это очевидно при выполнении студентами проектов, где фазы любого проекта универсальны: определение темы – выдвижение гипотезы; планирование деятельности подгрупп; реализация проекта; завершение/презентация продукта [4]. Метод проектов позволяет решать задачи формирования и развития исследовательских умений, критического и творческого мышления будущих агроинженеров.

Таким образом, благодаря разработанной технологии в образовательном процессе создаются необходимые условия для формирования исследовательских умений студентов, осознания ими познавательных действий и усвоения содержания учебного материала. Технология формирования исследовательских умений будущих агроинженеров в процессе обучения в высшем учреждении образования обеспечивает ту степень компетентности обучающихся, которая выражается в их готовности к реальным профессиональным действиям.

#### Список использованной литературы

1. Абдуллина, О.А. Общепедагогическая подготовка учителя в системе высшего педагогического образования / О.А. Абдуллина. – М.: Просвещение, 1984. – 208 с.
2. Скамницкая, Г.П. Технология формирования исследовательских умений будущих педагогов в процессе обучения в вузе / Г.П. Скамницкая // Научные проблемы педагогики в современном дискурсе: сб. науч. ст. / под общ. ред. Л.Д. Глазыриной. – Минск: Беларуская навука, 2014. – С. 253 – 261.
3. Савенков, А.И. Психологические основы исследовательского подхода к обучению: учебное пособие. / А.И. Савенков. - М., 2006. – 354 с.
4. Коммуникативное пространство на занятиях по иностранному языку как средство развития готовности студентов к инфор-

мационному обмену : автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. пед. наук : по спец. 13.00.01 - общая педагогика, история педагогики и образования / Л. Г. Васильева ; Учреждение образования "Витебский государственный университет имени П. М. Машерова". - Витебск, 2015. – 24 с.

5. Самохина, Е.Ю. Формирование исследовательских умений и навыков у студентов колледжа на занятиях по информатике / Е.Ю. Самохина // Теория и практика общественного развития. – 2012. – №2. – С. 154-156

**Abstract.** The technology of investigative skills formation of future agroengineers in higher education process is presented in the article.

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 ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ ДЛЯ АПК НА ОСНОВЕ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

*Аннотация. В статье рассмотрены вопросы использования дистанционных образовательных технологий при подготовке специалистов аграрно-технического профиля в области электроники, к которым относятся электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК), расположенный в модульной объектно-ориентированной динамической обучающей среде Moodle, предоставляющей возможность создавать сайты для онлайн-обучения.*

### **Введение**

Дистанционное обучение базируется на использовании как традиционных, так и новых информационных технологий, и технических средств, которые позволяют осуществлять доставку учебного мате-

риала для его самостоятельного изучения, а также диалогового обмена между преподавателями и студентами. Необходимо отметить, что процесс обучения становится независимым от пространственного расположения обучающегося и учреждения образования, а также не вписывается в конкретные, достаточно узкие временные рамки [1].

С одной стороны, совершенствование образовательного процесса происходит на основе применения дистанционных образовательных технологий, которые подразумевают внедрение информационных и телекоммуникационных технологий при опосредованном (на расстоянии) либо частично опосредованном взаимодействии преподавателей и студентов.

С другой стороны, по мере совершенствования технических характеристик компьютера и его программного обеспечения, появилась возможность использовать компьютер как средство обучения: например, стало возможным компьютерное моделирование электронных схем, виртуальное изучение микроконтроллеров и схем управления на их основе. Это дало возможность совершенствовать дистанционный образовательный процесс.

Результаты применения дистанционных образовательных технологий

В рамках внедрения сетевых технологий для изучения общеинженерных дисциплин был разработан ЭУМК «Электроника». Дисциплина «Электроника» относится к числу наиболее важных дисциплин в подготовке современных инженеров различных технических специальностей, как для промышленности, так и для сельского хозяйства.

В структуру ЭУМК «Электроника» включены разделы, соответствующие основным формам занятий дистанционного образования. Лекционные занятия в системе дистанционного обучения представляют собой набор электронных документов с необходимым теоретическим учебным материалом, который студент должен изучить самостоятельно. Студенты очной и заочной форм обучения могут использовать данный материал при подготовке к промежуточному и итоговому контролю знаний, выполнению управляемой самостоятельной работы, а также лабораторных и практических работ. В структуре ЭУМК лекционные занятия представлены в теоретическом разделе.

Проведение лабораторных занятий в системе дистанционного обучения становится возможным только при создании электронной лаборатории. Для изучения курса «Электроника» создан виртуальный лабораторный практикум, который включает комплект работ

на основе программы схемотехнического проектирования Micro-Cap и охватывает основные разделы курса: элементную базу электроники, аналоговые электронные устройства и импульсную и цифровую технику. Программа Micro-Cap позволяет легко подбирать и изменять типы и номиналы элементов для задания различных режимов работы схемы, просматривать входные, выходные и промежуточные сигналы с целью корректировки схемы и получения необходимых выходных параметров, быстро анализировать схему по постоянному и переменному токам, получать наглядные переходные характеристики, что позволяет студентам изучать дистанционно принципы разработки и проектирования электронных схем [2].

Для изучения микроконтроллеров используется программа Proteus (by Labcenter Electronics) - симулятор принципиальных электронных схем. Основывается работа программы на моделях электронных составляющих. Proteus содержит большую библиотеку электронных компонентов. Если какие-то из моделей элементов и устройств не представлены в программе, их можно сделать самостоятельно. Характерная особенность утилиты Proteus – опции по моделированию работы разнообразных программируемых устройств: микропроцессоров и микроконтроллеров [3]. С помощью него можно создать и проверить работу спроектированной электрической схемы с микроконтроллером. Таким образом, создавая устройство на основе микроконтроллера AVR, студенты виртуально изучают структуру и архитектуру микроконтроллера.

В структуре ЭУМК виртуальные лабораторные занятия представлены в практическом разделе в виде электронных документов. Студенты очной и заочной форм обучения используют данный материал при выполнении лабораторных работ как на стендах, так и на компьютере. Для дистанционного обучения работы выполняются только на компьютере.

Для осуществления контроля процесса обучения, в ЭУМК предусмотрен раздел «Контроль знаний». Для студентов всех форм обучения разработаны базы вопросов по каждому разделу курса, из которых формируются тестовые задания. Для студентов очной формы обучения тестирование проводится по модулям в соответствии с учебной программой. Среда Moodle позволяет создавать тестовые задания для каждой категории студентов с заданием таких важных параметров как: установка дат проведения тестирова-

ния, количество вопросов, ограничение контроля по времени, количество попыток, категория оценки и метод оценивания. Дополнительно настраиваются расположение вопросов на экране, режимы просмотра и формы отображения итоговых отчётов.

В электронном виде в разделе «Контроль знаний» представлены экзаменационные вопросы и примеры организации экзаменационных билетов. Это позволяет студенту осуществлять самоконтроль, а преподавателю - промежуточный и итоговый контроль знаний.

### **Заключение**

Таким образом, разработка электронных учебно-методических комплексов, позволяет внедрять в образовательный процесс сетевые технологии, которые являются одной из платформ развития дистанционного обучения. В свою очередь эта форма образования может выступать как самостоятельная, так и являться частью очного и заочного обучения, т.е. предоставлять комплекс образовательных услуг с помощью специализированных информационно-образовательных сред [4].

### **Список использованной литературы**

1. Апрельский, Е.В. Информатизация высшей школы. Современные подходы и инструменты реализации / Е.В. Апрельский, Б.В. Болтовский, М.В. Власов, / М. : Издательство: Октопус, 2014.
2. Матвеевко, И.П. Методика применения программы схемотехнического моделирования Micro-Cap в учебном процессе / И.П. Матвеевко // Информатизация образования. – 2012. – № 1. – С. 44-54.
3. Матвеевко, И.П. Методика изучения микроконтроллеров AVR / И.П. Матвеевко // Информатизация образования. – 2013. – № 2. – С. 86-95.
4. Ибрагимов И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения: Учеб. пособия для студентов высших учебных заведений / под ред. А.Н. Ковшова: М.: Издательский центр «Академия», 2005.

**Abstract.** This article examines the use of distance learning technologies training agro-technology in electronics, which include electronic educational and methodical complex, located in the modular object-oriented dynamic learning Moodle Wednesday, providing the ability to create online learning sites.

УДК 378.147

**Мисуно О.И.**, кандидат технических наук, доцент  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **РОЛЬ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МЕХАНИКИ МАТЕРИАЛОВ**

***Аннотация.** В статье представлена актуальность управляемой самостоятельной работы студентов в процессе изучения общеинженерной дисциплины механика материалов, рассматриваются меры и средства, направленные на повышение ее эффективности и результативности.*

Рассматривая процессы совершенствования высшего образования Республике Беларусь, образовательной ситуации в национальных университетах других стран, наблюдая динамичное развитие науки и техники и вызванные этим изменения в содержании творчества инженера можно отметить, что возрастает ценность непрерывного образования, когда для квалифицированного выполнения профессиональных обязанностей специалистам требуется постоянное совершенствование собственных знаний. Поэтому особое внимание в обучении смещается с преподавания на учение как самостоятельную деятельность студентов в образовании, когда от инженера требуется не только правильное и полное усвоение научно-технических знаний, но и умение найти и осмыслить научно-техническую информацию, чтобы быть в курсе всех современных достижений в профессиональной области и при необходимости адаптировать их для нужд отечественного производства. Поэтому на современном этапе обучения в высшем техническом учебном заведении и придается такое большое значение самостоятельной работе студентов в процессе приобретения ими знаний, а, следовательно, и поискам рациональных путей ее организации и совершенствования.

Самостоятельная работа для студентов приобретает особую актуальность при изучении общеинженерных дисциплин вообще и механики материалов, в частности, поскольку стимулирует к рабо-

те с новыми литературными источниками, вырабатывает навыки принятия рациональных решений.

Самостоятельная работа – это сознательная, целенаправленная учебная работа студента, которая происходит при опосредованном или непосредственном участии преподавателя с целью повышения профессиональной подготовки специалистов, направленной на формирование действенной системы фундаментальных и профессиональных знаний, умений и навыков, которые они могли бы свободно и самостоятельно применять в практической деятельности.

Одним из наиболее эффективных направлений в учебном процессе, развивающим самостоятельную творческую деятельность, стимулирующую приобретение и закрепление знаний является самостоятельная работа студентов, которую можно разделить на следующие виды:

- самостоятельную работу в запланированное время основных аудиторных занятий, вместо лекций, лабораторных и практических работ под управлением преподавателя;

- самостоятельную работу под управлением преподавателя в форме плановых консультаций, творческих контактов;

- внеаудиторную самостоятельную работу над выполнением студентами индивидуальных домашних заданий по учебной дисциплине и научно-исследовательских заданий творческого характера.

Самостоятельность перечисленных видов работ достаточно условна, и в реальном образовательном процессе эти виды пересекаются один с другим.

Управляемая самостоятельная работа студентов решает следующие задачи:

- формирование интереса к учебно-познавательной деятельности;

- овладение приемами процесса познания;

- развитие самостоятельности, активности, ответственности;

- углубление и расширение профессиональных знаний.

В целом же, самостоятельная работа студентов под управлением преподавателя является педагогическим обеспечением развития профессионального самообразования и представляет собой дидактическое средство образовательного процесса, искусственную педагогическую конструкцию организации и управления деятельностью обучающихся.

Структурно самостоятельная работа студентов состоит из двух частей: управляемой преподавателем и организуемой студентом по

своему усмотрению, без непосредственного контроля со стороны преподавателя, включающей подготовку к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, зачетам и т.п.). Именно первая часть наиболее значима, т.к. она предполагает наличие специальных методических указаний преподавателя, следуя которым студент приобретает и совершенствует знания, умения и навыки, накапливает опыт практической деятельности. Преподавателю необходимо увидеть и развить лучшие качества студента как будущего специалиста высокой квалификации. Организация самостоятельной работы студентов под руководством преподавателя является одним из наиболее эффективных направлений при изучении общеинженерных дисциплин, развивающим самостоятельную творческую деятельность, исключительно сильно стимулирующую приобретение и закрепление знаний.

Управляемая самостоятельная работа студентов по механике материалов составляет 18,5 % 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.

Главное в стратегической линии организации самостоятельной работы студентов заключается не в оптимизации ее отдельных видов, а в создании условий высокой активности, самостоятельности и ответственности студентов в ходе всех видов учебной деятельности.

Простое уменьшение числа аудиторных занятий в пользу управляемой самостоятельной работы не решает проблемы повышения или даже сохранения на прежнем уровне качества образования, так как снижение объемов аудиторной работы совсем не обязательно сопровождается реальным увеличением самостоятельной работы, которая может быть реализована в пассивном варианте.

Эффективность управляемой самостоятельной работы студентов по механике материалов обеспечивается ее проведением в определенной последовательности, в которой можно выделить этапы.

1. Подготовительный этап включает в себя составление учебной программы с выделением тем и заданий для УСРС; подготовку учебно-методических материалов; диагностику уровня учебных достижений студентов.

2. Организационный этап определяет цели индивидуальной и групповой работы студентов; по каждому заданию читается лекция, на которой дается алгоритм, разъясняются формы выполнения работы и ее контроля; устанавливаются сроки и формы представления промежуточных результатов, проведения индивидуально-групповых консультаций.

3. Мотивационный этап включает обеспечение преподавателем положительной мотивации индивидуальной и групповой деятельности и сводится к:

- обоснованию преподавателем полезности и необходимости выполняемой работы в профессиональной подготовке, ее связи с последующими изучаемыми темами и дисциплинами;

- участию студентов в научно-исследовательской работе проводимой на кафедре.

- участию в университетской и городской олимпиадах по механике материалов, конкурсах научно-исследовательских или прикладных работ и т.д.

- использованию мотивирующих факторов контроля знаний – поощрительные баллы, рейтинг, освобождение от сдачи зачета, экзамена;

- индивидуализации заданий, выполняемых как в аудитории, так и вне ее, постоянное их обновление.

4. Контрольно-оценочный этап включает проверку преподавателем индивидуальных заданий студентов, их защиту и оценку. При этом контроль в не является самоцелью для преподавателя, а прежде всего выступает мотивирующим фактором образовательной деятельности студента.

Важным организационным моментом в управлении самостоятельной работы студентов является составленные преподавателями кафедры и изданные в виде учебно-методического пособия индивидуальные задания, отвечающие следующим критериям:

- объем каждого задания такой, что при требуемом знании материала студент успевает его выполнить и представить в письменном виде за отведенное время;

- все задания имеют одинаковую трудоемкость.

Достигается эффективность управляемой самостоятельной работы студентов при изучении механики материалов за счет:

- обеспечения рационального соотношения общей учебной нагрузки студента и его самостоятельной работы;

- методически правильной организации работы студентов в аудитории;
- достаточного обеспечения студентов необходимыми учебными и методическими материалами;
- возможности обеспечения учебной и методической литературой дистанционно с использованием информационных компьютерных технологий;
- использование электронного учебно-методического комплекса, позволяющего постоянно обновлять и при необходимости дополнять исходную информацию в виде меняющихся примеров и статистических данных;
- контроля за организацией и ходом самостоятельной работы и мер, поощряющих студента за ее качественное выполнение. При этом решающее значение в процессе обучения отводится контролю со стороны студента за собственными действиями, полному осознанию им целей и следствий своей деятельности.

Качество инженерного образования в настоящее время определяется не только объемами приобретенных знаний, умений, навыков и практического опыта, но способности молодого специалиста ориентироваться в возрастающих потоках разнообразной информации, добывать знание, работать со знанием, интегрировать его в свою деятельность и управлять на основе знания.

#### Список использованной литературы

1. Алтайцев, А. М. Учебно-методический комплекс как дидактическое средство управления самостоятельной работой студентов / А. М. Алтайцев // Университетское образование: от эффективного преподавания к эффективному учению (Минск, 29—30 марта 2005 г.) / Белорус, гос. ун-т, Центр проблем развития образования. – Минск : Пропилеи, 2005.
2. Беляева, А. Управление самостоятельной работой студентов // Высшее образование в России. – 2003. – № 6. – С. 105–109.
3. Педагогические основы самостоятельной работы студентов / под общ. ред. О. Л. Жук. – Минск, 2005.

**Abstract.** Relevance and the importance of the operated independent work of students in the course of studying of all-engineering discipline of the mechanic of materials is presented in article, measures and the funds allocated for increase in its efficiency and effectiveness are considered.

УДК 316.4+378.1

**Рязанцева Т.В.**, старший преподаватель кафедры экономической теории и права  
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,  
г. Минск, Республика Беларусь

## **АКТУАЛЬНЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТРЕНДЫ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ АПК В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ОБЩЕСТВА**

*Аннотация.* В статье представлены актуальные тенденции развития современной аграрной науки и высшего образования. Автором предлагаются пути повышения эффективности образовательного процесса подготовки инженерных кадров.

Глобализация и зависимость от информационного пространства в современном мире порождает необходимость ускорения процессов разработки актуальных образовательных методов и технологий подготовки будущего специалиста для АПК.

Республика Беларусь готова делиться накопленными знаниями и инновационными разработками в образовательной и научной среде, но более ценно и то, что сегодня мы готовы и к внедрению эффективных инновационных моделей развития высшего и специального среднего образования. Всестороннее качественное развитие получит совершенствование специализации сельскохозяйственного производства. Предусматривается развитие сфер сельскохозяйственной деятельности и их размещение по зонам и регионам с учетом почвенно-климатических условий и оптимизации затрат. В этих целях предстоит выработать научно обоснованные схемы размещения экономически целесообразных видов производства сельскохозяйственной продукции, сформировать целевые региональные системы земледелия, обеспечивающие снижение уровня удельных затрат на производство продукции.

Через свою образовательную, научно-производственную деятельность и международное сотрудничество, аграрные ВУЗы нашей страны обязаны оказать активную помощь государству и белорусскому народу в агропромышленном, технологическом и ин-

новационном развитии. Для этого необходимо комплексное переосмысление и перестройка системы подготовки и переподготовки специалистов агропромышленного профиля.

Анализ тенденций развития образования позволяет заключить, что оно в скором времени будет носить опосредованный информационными ресурсами и сетями характер. Образовательная среда будущего специалиста АПК нуждается в реализации практико-ориентированного обучения и новых учебных дисциплин, которые бы отвечали потребностям не столько сегодняшнего дня, сколько дня завтрашнего.

Примечателен опыт зарубежных вузов в процессе подготовки инженерных кадров. Университеты дальнего и ближнего зарубежья давно перестали быть простыми образовательными учреждениями. Сегодня они – крупные научные, производственные, инновационные центры. Такая модель функционирования приобрела мировую популярность и может быть реализована в нашей стране. Реализация такого подхода в отечественной высшей школе позволит студенту аграрного профиля не только усвоить теоретические знания о новинках, но и участвовать в их создании и адаптации к сельскохозяйственной действительности, ускориться процесс разработки и внедрения в практику инновационных идей ведения сельского хозяйства и сопутствующего ему бизнеса. При открытии новых профилей обучения стоит обратить внимание на то, что в большинстве зарубежных ВУЗов не существует чистых аграрных специальностей, все они, как правило, комплексные или смежные: «Аграрная экономика и менеджмент», «Экономика и производство», «Европейская аграрная дипломатия» и т.д.

Следует отметить, что значительную образовательную и экономическую пользу могла бы принести система академических обменов студентов и профессорско-преподавательского состава. Способствует этому Болонская система, в рамках которой работает преобладающее большинство аграрных ВУЗов, где внедрены современные методы обучения, такие как e-learning и видеоконференции, большое внимание уделяется практике, в т. ч. заграничной. Обмену опытом может содействовать участие в международных консорциумах, объединяющих профильные университеты (например, Euroleague for Life Sciences и Association for European Life Sciences Universities) и система двусторонних соглашений с другими ВУЗами.

Информационные ресурсы и технологии позволят расширить международное межвузовское сотрудничество, где значительную роль

играет выставочная, рекламная деятельность. Для подавляющего числа экспонентов участие в аграрных выставках является отличной возможностью заявить о себе на образовательном рынке, найти перспективных деловых партнеров, продлить существующие контракты и заключить новые договора. Такие выставки дают ощутимый стимул развитию аграрной науки. Но главное, проведение таких выставок прямо способствует развитию важнейших отраслей сельского хозяйства и перспективному заказу в подготовке инженерных кадров.

Основными тематическими разделами подготовки подобного рода специалиста должны стать инновационное проектирование деятельности АПК-предприятия и его управление в соответствии с новыми экономическими реальностями и запросами рынка, государства, мирового сообщества.

Распространение информационных технологий способствует формированию нового типа специалиста, соединяющего в себе не только практика в области своей специализации, но и управленца, гибко и своевременно реагирующего на мировые экономические запросы и изменения, обладающего знаниями, навыками и умениями прогнозирования и администрирования субъекта хозяйствования.

В условиях глобализации и информатизации возрастает необходимость замены старых учебных дисциплин новыми: «Органическое сельское хозяйство и системы продовольствия», «Устойчивое сельское хозяйство и интегрированный менеджмент водных ресурсов», «Инновационный менеджмент», «Глобализация и технологии охраны окружающей среды», «Международный магистерский курс по развитию сельских территорий», «Стратегические инновации», «Постоянное международное сельское хозяйство», «Международный агробизнес и развитие сельских территорий», «Инновационная политика», «Стратегические инновации», «Сельскохозяйственный робот», «Генетически модифицированная еда» и др.

Основополагающее место в системе подготовки инженерных кадров для АПК должны занять учебные дисциплины, формирующие знания в области информационного функционирования предприятия, управления информационными сетями, их администрирования и использования в коммерческих целях «Информационные инновации», «Сетевой маркетинг и менеджмент», «Сетевой PR и реклама» и др.

Эффективно себя зарекомендовали образовательно-производственные кластеры на базе аграрных учреждений высшего образования. Такие площадки, во-первых, позволяют соединить

академическую науку и сложившуюся производственную практику; во-вторых, выступают областью привлечения прямых инвестиций от заказчиков, заинтересованных научно-производственных инноваций в области аграрного производства; в-третьих, являются местом рекрутинга перспективных кадров для инвесторов из АПК.

Таким образом, значительную роль в эффективной подготовке инженерных кадров АПК может сыграть стратегия тесной связи образовательного, производственного, исследовательского и проектного процессов, с акцентом на современные глобальные информационные ресурсы и технологии. В XXI веке учреждение высшего образования должно стать научно-исследовательским предприятием, выполняющим помимо своих основных, также и производственно-коммерческие функции, позволяющие пополнить внебюджетное финансирование образовательной деятельности.

**Abstract.** The article presents current trends in the development of modern agrarian science and higher education. The author suggests ways to improve the efficiency of the educational process of engineering staff training.

УДК 37.02

**Галенюк Г.А.**, старший преподаватель;

**Жилич С.В.**, старший преподаватель

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

### **КРЕАТИВНОЕ МЫШЛЕНИЕ СТУДЕНТОВ С ОРИЕНТАЦИЕЙ НА ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрена роль креативного мышления агроинженера с целью повышения качества подготовки профессиональных конкурентоспособных кадров, обладающих высоким уровнем развития профессиональных компетенций и способ-

*ных творчески подходить к решению насущных и актуальных задач в сфере профессиональной деятельности.*

При подготовке современных специалистов агропромышленного комплекса, необходимо учитывать, что в настоящее время происходит перестройка во всех сферах человеческой деятельности. А это, в свою очередь, влияет на те профессиональные компетенции специалиста, которыми он должен обладать при окончании высшего учебного заведения. Следовательно, учебный процесс не может проходить, опираясь только на академические знания, которые студенты получают в стенах университета. Необходимо уделять внимание повышению уровня ориентации молодых специалистов в проблемах современности, вырабатывать у них желание и стремление обучаться самостоятельно и дополнительно, уметь правильно воспринимать ту информацию, потоки которой сейчас обрушились на людей [1]. И, что самое важное, уметь самостоятельно принимать решения. Агроинженер непосредственно воздействует на окружающую среду, экологию и многие другие факторы. Принимая решения каждый день, он должен уметь креативно мыслить. Когда мы говорим о креативности, мы имеем в виду процесс субъективного познания окружающего мира, объективной реальности. Речь идет о вещественном и материальном продукте. Современный специалист должен быть не просто созерцателем. В процессе более длительного профессионального формирования он должен трансформировать возможности окружающей среды в артефакты. Он должен усваивать не только ту часть системы, которая необходима для более или менее успешной социальной адаптации. Современный специалист – креативная личность. В силу того, что энергетический потенциал, а, следовательно, и потребность в информационном поглощении у него значительно превышает то, что может предоставить ему общество в готовом виде, так сказать, в виде полуфабрикатов, в определенный момент перерастает стандартное отношение к своей профессии, к выполняемой работе и к жизни вообще. Специалисты, изучающие феномен креативности, рассматривают ее, как проявившееся при благоприятных условиях свойство личности, присущее каждому человеку, и требующее всестороннего развития и раскрытия [2]. Креативная личность вырастает, впитывая окружающую ее среду, и поэтому ничто человеческое ей не чуждо, но жажда нового, другой мир, мир, который не видят и не хотят видеть большинство людей ей открывается. Рано или поздно любая креативная личность рождает

новые идеи и воплощает их в жизнь, тем самым реализуя вдохновение, полученное от окружающей его среды в артефакты, которыми затем пользуются многие люди, даже не подозревая, что это сгенерировано у природы.

Развитие креативного мышления обогащает воображение, расширяет знания, опыт и интересы. Креативная деятельность способствует более оптимальному и интенсивному развитию высших психических функций, таких, как память, мышление, восприятие, внимание.

#### Список использованной литературы

1. Казакова, Е.Н. Творческие задачи как средство формирования профессиональных компетенций студента // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2016. Т.21. – С. 57-61.
2. Шамсутдинова, Т. М. Формирование профессиональных компетенций студентов в контексте информатизации высшего образования // Открытое образование. – 2013. – Вып. № 6. – С. 37.

**Abstract.** In the article the role of creative thinking of the agroengineer with the purpose of improving the quality of training of professional competitive personnel possessing a high level of development of professional competencies and capable of creatively approaching the solution of urgent and urgent tasks in the sphere of professional activity is considered.

УДК 378.14

**Фокина И.С.**, старший преподаватель

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

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ДЕЛОПРОИЗВОДСТВО»**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы использования информационно-коммуникационных технологий в про-

*цессе обучения посредством внедрения и использования электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) по учебной дисциплине «Делопроизводство».*

Рост объемов производимой информации, ее активное использование в различных сферах деятельности, создание современной информационно-коммуникационной инфраструктуры стали основными факторами возникновения и развития информационного общества. Широкомасштабное внедрение информационно-коммуникационных технологий (далее – ИКТ) в различные сферы деятельности человека способствовало возникновению и развитию глобального процесса информатизации. В свою очередь, этот процесс дал толчок развитию информатизации образования, которая является фундаментальной и важнейшей задачей XXI века.

Современный период развития системы высшего образования невозможно представить без применения информационно-коммуникационных технологий. Внедрение ИКТ в процесс обучения посредством использования электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК) способствует повышению качества образования, интенсификации процесса обучения, активизации познавательной, творческой, а главное, самостоятельной работы студентов, а также предоставляет преподавателям принципиально новые педагогические инструменты, а значит, и новые возможности.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) – программный мультимедиа продукт учебного назначения, обеспечивающий непрерывность и полноту дидактического цикла процесса обучения и содержащий организационные и систематизированные теоретические, практические, контролирующие материалы, построенные на принципах интерактивности, информационной открытости, дистанционности и формализованности процедур оценки знаний [1].

В рамках внедрения информационно-коммуникационных технологий в процесс обучения для группы специальностей 74 06 Агроинженерия, специальности: «Проектирование и производство сельскохозяйственной техники», направлений специальностей: «Автоматизация технологических процессов и производств» (сельское хозяйство) и «Метрология, стандартизация и сертификация»

(аграрно-промышленный комплекс) был разработан и внедрен ЭУМК «Делопроизводство».

Учебная дисциплина «Делопроизводство» ориентирована на формирование у студентов базовых профессиональных знаний, умений и навыков в области документирования и организации работы с официальными документами.

Цель учебной дисциплины - формирование у будущих специалистов теоретических знаний, умений и выработка практических навыков в области документирования и организации работы с организационно-распорядительными документами с применением организационной техники.

Для повышения возможностей изучения учебной дисциплины разработан электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) и тесты для компьютерной проверки знаний студентов дневной и заочной форм обучения.

ЭУМК представляет собой информационный ресурс, включающий систематизированные учебные и учебно-методические материалы по учебной дисциплине, направленный на повышение качества образовательного процесса в Учреждении образования «Белорусский государственный аграрный технический университет».

ЭУМК включает в себя титульный экран, пояснительную записку, а также следующие разделы: теоретический, практический, контроля знаний и вспомогательный.

Теоретический раздел состоит из курса лекций, учебного и учебно-методического пособий по делопроизводству.

Практический раздел представлен перечнем практических занятий, охватывающим вопросы подготовки и оформления организационно-распорядительной документации.

Раздел контроля знаний включает тестовые задания для контроля знаний, тематику рефератов и образцы заданий для итогового контроля по учебной дисциплине «Делопроизводство».

Вспомогательный раздел содержит краткий терминологический словарь по делопроизводству, список рекомендованной литературы и учебно-методические карты по учебной дисциплине «Делопроизводство», а также стандарт Республики Беларусь «СТБ 6.38–2004 Унифицированные системы документации. Унифицированная сис-

тема организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов».

Таким образом, следует отметить, что современная практика подготовки специалистов невозможна без использования информационно-коммуникационных технологий, которые находят непосредственное применение по средствам внедрения в процесс обучения электронных учебно-методических комплексов (ЭУМК).

#### Список использованной литературы

1. Татаринцев, А.И. Электронный учебно-методический комплекс как компонент информационно-образовательной среды педагогического вуза [Текст] // Теория и практика образования в современном мире: материалы Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, февраль 2012 г.). – СПб. : Реноме, 2012. – С. 367-370.
2. Главный информационно-аналитический центр Министерства образования Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.giac.unibel.by/ru>

**Abstract.** This article discusses the use of information and communication technologies in the learning process through the introduction and use of the electronic educational and methodological complex (EUMC) in the discipline "Deloproizvodstvo."

УДК 631.171

**Якубовская Е.С.**, старший преподаватель

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

### **ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ИННОВАЦИОННЫЙ КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Аннотация.** В статье раскрываются подходы к оценке уровня овладения технологией инженерного проектирования, позволяющей судить об уровне сформированной профессиональной компетентно-

*сти агроинженера на уровне проектирования инноваций. Предложена система критериев сформированности профессиональной компетентности на этапе итоговой аттестации студента.*

### **Введение**

Целью обучения в вузе является подготовка специалиста, обладающего требуемыми личностными качествами, способного продуктивно выполнять профессиональную деятельность, быстро адаптироваться к изменяющимся условиям деятельности. Достижение этой цели может быть обеспечено в случае тщательной проработки и диагностического определения всех компонентов системы подготовки профессиональных кадров. Выявить, достигнута ли поставленная цель, позволяет оценка, которая должна быть объективной и точной. Проблема объективного оценивания достигнутого результата требует, во-первых, развернутой диагностической формулировки как цели профессионального образования, так и задач обучения на каждом из этапов, во-вторых, точного обозначения критериев оценки результатов и выделения показателей, позволяющих судить об уровне достигнутого.

### **Основная часть**

Успешность становления агроинженера, как специалиста, способного воспринимать технические новшества, разрабатывать и внедрять инновации, определяется уровнем овладения технологией инженерного проектирования. По своей сути инженерное проектирование предвещает и обосновывает внедрение в производство инновационных технических систем, установок, процессов, оптимальных с точки зрения технико-экономической эффективности.

В связи с этим возникает необходимость в процессе подготовки будущего инженера к реализации технологии современного проектирования акцентировать внимание на цели проектирования, как подготовки инновационного изменения в существующей действительности, методах проектирования, использующих современные средства проектирования, и достигаемом результате. Нацеленность на привнесение изменений в соответствии с реальной потребностью требует обеспечения нацеленности на модификацию, создание нового в процессе решения проблем на всех этапах учебного проектирования. Однако такое возможно после целостного и системного овладения технологией инженерного проектирования, что требует системного и полного включения всех этапов технологии инженерного проектирования в учебный процесс; приближения

задач учебного проектирования к реальным задачам профессионального инженерного проектирования. Формирование способностей инженерного проектирования требует развития личности обучаемого, умения работать с его внутренним опытом, опираясь на положительные и отрицательные стороны индивидуальности для выбора оптимальной стратегии обучения.

Судить о достижении цели позволяет сравнение достигнутого результата с эталоном. Поэтому требуется четко установить соответствующие критерии оценки, позволяющие объективно оценить результаты. Согласно словарю, критерий (от греч. *kriterion* средство для суждения) – это основа оценки, позволяющая избежать субъективных суждений, т.е. «признак, на основании которого производится оценка, средство проверки, – мерило оценки» [1]. Он является и признаком, на основании которого производится определение или классификация чего-либо [2, с. 8]. Критерии включают в себя ряд показателей или конкретных измерителей критерия [3].

В практике оценки дипломного проекта на защите в соответствии с ведомостью члена ГЭК используемыми критериями являются качество доклада, чертежей, записки и умение отвечать на вопросы комиссии. При этом также учитывается средний балл и оценка рецензента. Однако, данный состав критериев не позволяет достаточно точно определить показатели оценки, что приводит к ее субъективности, отсутствию единства предъявляемых требований, и не учитывает важных сторон проектирования, отвечающих за инновационную значимость проекта.

При разработке критериев оценки усвоения учебного материала предлагается учитывать качество знаний (правильность, прочность, логика изложения, культура речи) и умение их применять [4, с. 169]; владение терминологией, способность делать выводы, обобщать, самостоятельно формировать новые умения на базе нестандартного применения знаний [2]; уровень культуры исполнения заданий, владение инструментарием и развитие качеств личности – активность, самостоятельность, участие в групповых обсуждениях [5, с. 123-124].

От умения находить варианты оригинального технического решения в нестандартной ситуации, полно обосновывать свой выбор, просчитывать, оценивать и реализовывать в проектной документации зависит инновационный потенциал специалиста, востребованного сегодня на производстве. При этом также важна реализуе-

мость принятого оригинального решения, как возможность внедрения на реальном объекте. Наибольшую возможность проявить инновационную компетентность у студента имеется на этапе выполнения и защиты дипломного проекта. Поэтому оценить инновационный потенциал будущего специалиста могут эксперты, которыми могут быть руководители дипломного проектирования, преподаватели кафедры на этапе предзащиты и члены государственной экзаменационной комиссии на этапе защиты. Предложены следующие критерии оценки сформированности профессиональной компетентности, обеспечивающей инновационный компонент профессиональной деятельности:

– когнитивный критерий (ориентация в возможностях научно-технических достижений и технических средств; достаточность поиска информации; обоснованность решения, выводов и оценки);

– технологический критерий (соответствие структуре проекта, четкость целей, качество записки и графической части, уровень использования ИКТ и САПР; научно-технический уровень проекта; обоснованность рекомендаций и инструкций по эксплуатации новшества; реализуемость проекта);

– праксиологический критерий (степень соответствия проекта требованиям экономичности, безопасности, эргономичности; завершенность технического решения).

### **Заключение**

Точное определение критериев оценки уровня овладения технологией инженерного проектирования, позволяющее судить об уровне сформированной профессиональной компетентности, требует строгого соотнесения со структурой проектировочной деятельности. Система критериев должна отвечать требованиям полноты, достоверности, объективности, точности и позволять измерение каждой составляющей компетентности в области инженерного проектирования. В целом руководителями и экспертами отмечено, что предложенная система критериев позволяет более точно и объективно подойти к оценке результатов дипломного проектирования.

#### **Список использованной литературы**

1. Философский энциклопедический словарь. – Режим доступа: <http://www.harc.ru/slovar/1051.html>. – Дата доступа: 01.09.2016.

2. Симонов, В.П. Оценка обученности как проблема и потребность практики / В.П. Симонов // Настаўніцкая газета. – 2003. – 8 крас. – С. 3

3. Калицкий, Э.М. Разработка средств контроля учебной деятельности : метод. рекомендации / Э.М. Калицкий, М.В. Ильин, Н.Н. Сикорская. – Минск: РИПО, 2005. – 48 с.

4. Водзинский, Д.И. Педагогика высшей школы: Монография. – Минск: БГПУ им. М. Танка, 2000. – 224с.

5. Андреев, В.И. Основы педагогики высшей школы: учеб. пособие / В.И. Андреев ; М-во образования республики Беларусь; ГУО «РИВШ»; УО «Военная академия республики Беларусь». – Минск: РИВШ, 2005. – 194 с.

**Abstract.** The article describes the approach to assessing the level of mastery of Technology engineering design, would reveal the level of professional competence of Agricultural Engineers formed at the level of design innovation. The system of criteria of formation of professional competence at the stage of final certification of student.

УДК 378.14:663

**Смолянко А.А.**, старший преподаватель;

**Платоненко О.В.**, преподаватель

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

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБУЧЕНИИ РУССКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-ИНОСТРАНЦЕВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются современные инновационные технологии в обучении РКИ студентов-иностранцев. Описывается применение эффективных инновационных методов и тестовых технологий. Рассматриваются такие понятия, как компетенции и компетентность.

Внедрение в учебный процесс инновационных технологий является сегодня определяющей чертой образования.

Информационные технологии обогащают учебный процесс в самых различных условиях обучения и на всех его уровнях, тем самым способствуют более рационально организовать работу над большим и разнообразным лексико-грамматическим материалом.

К новым информационным технологиям можно отнести электронные учебники, слайды (фотографии, рисунки, графики, схемы, диаграммы), видеофрагменты (фильмы), звуковые фрагменты (дикторский текст), технологию DVD, интерактивную доску и проекторы. Возможности вышеназванных информационных устройств очень велики. Очевидна их польза в инновационном обучении в соответствии с требованиями нынешнего времени. Использование современных технологий в образовательных программах представляет более широкие и доступные пути получения образования, повышает эффективность обучения, а также способствует расширению возможностей повышения квалификации преподавателей. При эффективном использовании инновационных технологий у обучающегося развивается умение передачи своей мысли, повышается способность творческого мышления.

В настоящее время лишь с применением инновационных методов обучения можно повысить способность мышления обучающегося, на основе информационных технологий развивать и формировать их любознательность и компетентность. Эта форма обучения ставит перед собой конкретные и ориентировочные цели: формирование среды, обучение через действие, связывание с жизнью, воспитание самостоятельности.

В методике преподавания русского языка как иностранного рассматриваются такие понятия, как компетенции и компетентность. Что такое компетенции? Компетенции – это сумма знаний, умений и личностных качеств, с помощью которых человек может совершать различные действия. Компетентность представляет собой совокупность компетенций, наличие знаний и опыта, необходимых для будущей деятельности.

Использование понятия компетенции в методике преподавания русского языка связано с определением целей обучения, с выявлением уровня владения языком.

В науке выделяют различные виды компетенций: общепрофессиональные и предметные. В методике преподавания русского языка как иностранного важными являются предметные компетенции. Именно эти компетенции относятся к определенному кругу учебных предметов и образовательных областей. Среди предметных компетенций выделяют следующие: коммуникативные, языковые и другие. Что представляет собой языковая компетенция? Языковая компетенция – это освоение новой для учащихся семиотической, знаковой системы. Слушатели-иностранцы усваивают звуковую и лексическую систему русского языка, его грамматические категории, учатся понимать русскую речь и строить собственные высказывания. Коммуникативная компетенция – это владение языком. Чтобы хорошо овладеть языком, нужно развивать умения и навыки употребления тех или иных слов, грамматических конструкций в общении.

На практических занятиях по русскому языку со студентами-иностранцами используются такие интерактивные методы обучения, как диалоги на определенные темы, беседы на различные темы, выполнение заданий разного типа и др.

Для формирования коммуникативной компетенции иностранных студентов необходимо выработать новые методологические подходы, построенные на инновационных технологиях, которые должны включать следующие моменты:

- участие в учебном процессе каждого обучающегося вне зависимости от уровня его подготовленности;
- состязательный настрой и присутствие элементов игровых ситуаций;
- использование индивидуальных творческих домашних заданий в процессе постижения изучаемого материала.

Эффективными являются такие виды работ, как составление диалогов, отдельных высказываний и связных текстов на заданную тему. Эти задания способствуют выработке грамматического навыка, формируют языковую и коммуникативную компетенцию иностранных студентов.

Важной проблемой в обучении русскому языку как иностранному в вузе является диагностика достижений обучающихся. Проблема контроля непосредственно связана с целями обучения. В

рамках современной компетентностной образовательной парадигмы цель обучения русскому языку как иностранному языку в вузах трактуется как формирование коммуникативной компетенции. Ведущими на данном этапе обучения русскому языку как иностранному являются языковая и речевая компетенции, развитию которых уделяется особое внимание. Поэтому объектами контроля являются речевые навыки (лексические и грамматические) и речевые умения (говорение, чтение, аудирование и письменная речь), составляющие эти компетенции.

В связи с использованием в практике тестовых технологий контроля одной из задач языковой подготовки является формирование у обучающихся тестовых компетенций. Тестирование – одна из оптимальных форм проверки знаний обучающегося по всем предметам. Проведение в конце урока или после объяснения новой темы небольших по объему тестовых заданий позволит сэкономить время, а также дает положительные результаты при усвоении материала.

Формирование тестовой компетенции предполагает не только овладение познавательными стратегиями выполнения тестового задания, но и способствует формированию общеучебных умений, связанных с интеллектуальными процессами: сравнивать, систематизировать, выявлять источники познавательных затруднений.

Таким образом, применение эффективных инновационных методов и тестовых технологий в обучении русскому языку как иностранному – это формирование творческой самостоятельной деятельности обучающегося в вузах, что является на сегодняшний день одним из актуальных задач, стоящих перед преподавательским составом. Использование на занятиях русского языка инновационных технологий усиливает коммуникативную сторону обучения, т.е. способствует формированию и развитию у слушателей-иностранцев коммуникативной компетенции студентов.

Новшества в содержании, формах и методах работы, как и в отношениях преподаватель-студент, безусловно, ведут к улучшению и модернизации образования и в воспитания, созданию личности будущего гражданина с новыми качествами и ценностями – творческой личности. Практика работы доказывает, что применение современных педагогических технологий побуждает студентов-педагогов к постоянному творческому поиску, способствует по-

лучению прочных знаний по русскому языку как иностранному, учит общению друг с другом, умению правильно излагать свою точку зрения, терпимо относиться к мнению другого человека. Все эти умения имеют практическое значение для будущей деятельности студентов, открывая широкие возможности для введения страноведческой и социокультурной информации Беларуси.

#### Список использованной литературы

1. Грачев, В.В. Педагогические условия персонализации образования в высшей школе : монография / В.В. Грачев. – М. : Изд-во СГИ, 2006. – 120 с.
2. Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. / Е.С. Полат. – Москва, 2000. – 368 с.

**Abstract.** The article deals with modern innovative technologies in teaching Russian-language students of foreigners. The application of effective innovative methods and test technologies is described. Such concepts as competence and competence are considered.

УДК 378.14

**Васильева Л.Г.**, старший преподаватель

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

### **ГОТОВНОСТЬ СТУДЕНТОВ К ИННОВАЦИОННОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ**

**Аннотация.** В статье рассматривается одна из актуальных проблем образования, связанная с подготовкой высококвалифицированных кадров. В рамках обучения иностранному языку реализуется процесс формирования готовности студентов агротехнического вуза к инновационной деятельности.

В настоящее время в высших учреждениях образования технического профиля Республики Беларусь одной из обязательных дисциплин является изучение иностранного языка. Эта дисциплина призвана способствовать формированию и развитию социально-профессиональной компетентности выпускника высшего учебного заведения, сочетающего в себе академические, профессиональные, социально-личностные компетенции для решения задач в сфере своей будущей профессиональной деятельности. Изучение иностранного языка студентами агротехнического университета необходимо с целью формирования у них общей культуры; становления будущего специалиста как конкурентоспособной личности на рынке труда. Сосредотачивая внимание на обучении студентов к инновационной деятельности, необходимо использовать реальные средства для перехода от прежнего освоения преподавания на основе копирования имеющихся образцов методики с последующим ее совершенствованием на основе собственных проб к теоретически обоснованному проектированию обучения конкретной дисциплине, в нашем случае – иностранный язык. Следует создать условия и начать практически реализовывать потенциал инновационной теории при подготовке студентов.

Приоритетные направления инновационно-педагогической деятельности в высшей школе выделены белорусским ученым И.И. Цыркуном. Прежде всего, это «инновирование образования с высоким рангом ценностей». Выпускник высшей школы в соответствии с данной ценностной ориентацией должен обязательно иметь нижний интеллектуальный «порог» профессиональной деятельности, быть компетентным и креативным, обладать самостоятельным профессиональным мышлением. Инновации, ориентированные на эти ценности, предполагают, что педагогический процесс становится средством развития и саморазвития личности, источником самореализации ее индивидуальности, достижения личностью своей вершины, «акме». Лидером в аспекте выбора вектора развития ценностей высшего образования является воспитание личности, ее управляемая социализация. Исходная типология личности выступает основой профессиональной пригодности, базой формирования *Я-концепции*. Нравственный императив выступает параметром порядка воспитания и самовоспитания студентов. Выбор приоритетов

ценностных ориентаций детерминирует инновации в моделировании и организации педагогического процесса: переход от профессиограмм к акмеограммам, преподавания к учению, от учебной аудитории к резонансной образовательной среде и др. [1, с.102.].

В структуре профессионально направленной личности специалиста в агротехнической сфере готовность к инновационной профессиональной деятельности в процессе обучения иностранному языку должна являться показателем его способности нетрадиционно решать актуальные проблемы в профессиональной сфере, свободно владея иностранным языком в рамках профессиональной лексики.

В научной литературе выделяют интуитивный, репродуктивный, поисковый и творческий уровни сформированности готовности к инновационной деятельности [2]. Используя известные в научной литературе уровни, адаптируем их к процессу формирования готовности студентов агротехнического профиля к инновационной деятельности и озвучим их следующим образом.

*Интуитивный уровень* сформированности готовности студентов к инновационной деятельности предполагает отношение к инновационной проблематике как к альтернативе традиционной профессиональной практики. Основой такого отношения является эмоциональная, интуитивная настроенность на восприятие нового только потому, что оно новое, а не глубокие теоретические знания особенностей инновационной профессиональной практики. Рефлексия на данном уровне еще не сформирована

*Репродуктивный уровень* сформированности готовности студентов к инновационной деятельности заключается в ознакомлении с теоретическими основами, содержанием, конкретными профессиональными методиками, нередко использует элементы этих систем в собственной профессиональной деятельности. Однако использование ими инноваций является ситуативным.

*Поисковый уровень* сформированности готовности студентов агротехнического профиля к инновационной профессиональной деятельности заключается в стремлении работать по-новому, внедряя в собственную деятельность известные технологии и методики профессиональной деятельности. Они охотно идут на эксперимент,

не скрывают ни своих успехов, ни ошибок, открыты для публично-го обсуждения профессиональных инноваций.

*Творческий уровень* сформированности готовности студентов аграрно-технического профиля к инновационной профессиональной деятельности предполагает творческое отношение к инновационной деятельности; студенты имеют широкие и содержательные знания про новые научные и новаторские подходы к решению профессиональных проблем, владеют новейшими технологиями и создают собственные. Реализация творческого потенциала в инновационном процессе для многих из них является важнейшим ориентиром деятельности [3, 4].

Следовательно, готовность к инновационной профессиональной деятельности формируется не сама по себе, а во время теоретической и практической работы. Своевременное определение уровня сформированной готовности конкретного студента агротехнического профиля к инновационной профессиональной деятельности даёт возможность спланировать работу по развитию его инновационного потенциала.

В условиях формирования готовности студентов к инновационной деятельности в процессе обучения иностранному языку необходимо учитывать:

- 1) потребность внедрения профессиональных инноваций в образовательный процесс;
- 2) информированность о новейших технологиях в аграрно-технической области, знание о новейших методах работы;
- 3) ориентированность на создание собственных методик, способов деятельности, направленность на экспериментальную деятельность;
- 4) готовность к преодолению трудностей, связанных с содержанием и организацией инновационной профессиональной деятельности в процессе обучения;
- 5) владение практическими навыками освоения профессиональных инноваций языкового плана и внедрение новых форм взаимодействия в профессиональной сфере.

Эти положения проявляют себя не изолированно, а в различных сочетаниях и взаимосвязях. Кроме этого, потребность в нововведениях активизирует интерес к самым свежим знаниям в конкретной области, а успешность собственной инновационной профессио-

нальной деятельности помогает отстаивать новаторские подходы во взаимодействии с различным контингентом людей.

Список использованной литературы

1. Цыркун, И.И. Приоритетные направления инновационно-педагогической деятельности в высшей школе / И.И. Цыркун // Университетское образование: опыт тысячелетия, проблемы, перспективы развития: тезисы докладов II Междунар. конгресса, 14 – 16 мая 2008 г. : в 2 т. / Мин. гос. лингвист. ун-т; Р.С. Пионова (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2008. – Т.1. - 256 с.

2. Дичківська, І.М. Інноваційні педагогічні технології : Навчальний посібник / І.М. Дичківська. - К : Академвидав, 2004. - 352 с.

3. Васильева, Л.Г. Формирование готовности студентов агротехнического вуза к инновационной деятельности в процессе преподавания иностранного языка / Л.Г. Васильева // Вестн. Полоц. Гос. Ун-та. – 2011. - №15. – С.83 - 87.

4. Антоненко, О.В. Теоретические основы формирования готовности учителя физического воспитания к инновационной учебной деятельности [Электронный ресурс] / О.В. Антоненко // Спортивная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://sportfiction.ru/articles/teoreticheskie-osnovy-formirovaniya-gotovnosti-uchitelya-fizicheskogo-vozpitanija-k-innovatsionnoy-uchebnoy-deyatelnosti/> - Дата доступа : 10.05.2017.

**Abstract.** The article is devoted to one of the most important educational problems of highly qualified personnel. The readiness of the agrotechnical University's students to the innovational activity is formed on the basis of teaching foreign languages.

УДК 811.161.3

**Мантур А.Я.**, старшы выкладчык

УА «Беларускі дзяржаўны аграрны тэхнічны ўніверсітэт», г. Мінск,  
Рэспубліка Беларусь

## **ТЭОРЫЯ І ПРАКТЫКА ВЫКАРЫСТАННЯ ТЭСТАВАЙ ТЭХНАЛОГІІ**

***Анатацыя.** У артыкуле аналізуецца адзін з сучасных метадаў ацэньвання вынікаў навучання студэнтаў – тэставая тэхналогія. Аўтарам раскрываецца ўласны вопыт выкарыстання тэстаў у практыцы выкладання дысцыпліны “Беларуская мова (прафесійная лексіка)”. Апісваюцца тыпы тэставых заданняў, прыводзяцца прыклады заданняў, разглядаюцца асаблівасці іх выкарыстання.*

У апошнія гады тэставая тэхналогія відавочна перарастае ў асобную дыдактычную навуку – тэсталогію, а вучоных, якія зацікавіліся яе даследаваннем, развіццём і ўкараненнем, сталі называць тэсталагамі. Падмацаваннем гэтага з’яўляецца наяўнасць у друку і інтэрнэце вялікай колькасці адпаведных артыкулаў і манаграфічных даследаванняў, пераважна амерыканскіх і расійскіх навукоўцаў [1, с. 3 – 6].

Само слова “тэст” (test) – англійскага паходжання і ў перакладзе азначае “спроба, даследаванне, выпрабаванне”. Гэты тэрмін упершыню ўвёў амерыканскі псіхолаг Д. Кетэл у 1890 годзе. А яшчэ раней, у 1864 годзе, у Вялікабрытаніі англійскі педагог Д. Фішэр упершыню правяраў веды сваіх выхаванцаў менавіта метадам тэсціравання. Шырокае ўжыванне тэставыя заданні атрымалі ў адукацыйных сістэмах ЗША, Вялікабрытаніі, Галандыі, Японіі, Аўстраліі, Расіі, Беларусі і многіх іншых краін свету.

Адразу спецыялістамі было адзначана, што тэставы метады сапраўды забяспечвае аб’ектыўнасць праверкі як тэарэтычных, так і практычных ведаў і ўменняў навучэнцаў па ўсіх раздзелах праграмы любога вучэбнага прадмета.

У сучасных установах вышэйшай адукацыі роля педагагічнага тэста відавочная: у адукацыйным працэсе ён мае навучальнае,

развіццёвае і выхаваўчае значэнне. Па-першае, дапамагае выкладчыку і самому студэнту правесці маніторынг якасці ведаў па пэўнай тэме, а то і за ўвесь курс вучэбнай праграмы. Па-другое, з яго дапамогай можна лёгка вызначыць і недахопы ў падрыхтоўцы студэнтаў па пэўным вучэбным прадмеце, у тым ліку і па беларускай мове. Па-трэцяе, дзякуючы такому кантролю ў студэнтаў пашыраюцца, паглыбляюцца і ўдасканальваюцца веды, уменні і навыкі па прадметах.

У сучанай педагагічнай прасторы ўжо вядзецца гаворка пра размежаванне значэння тэрмінаў “тэст”, “тэставае заданне” і заданне ў тэставай форме”. Асобныя аўтары па-ранейшаму падаюць гэтыя тэрміны як сінонімы.

У тлумачальным слоўніку беларускай мовы даецца наступнае азначэнне першага тэрміна: “*Тэст* – стандартнае заданне, якое прымяняецца ў псіхалогіі і педагагіцы для вызначэння разумовых здольнасцей, схільнасцей, валявых якасцей чалавека і іншых бакоў яго асобы” [2, с. 489].

Паняцце “*тэставае заданне*” мае больш вузкае значэнне і скіравана на выяўленне ўзроўню ведаў па вузкіх тэмах пэўнай галіны навукі. Гэта таксама тэст, але трэба разумець яго элемент, складовую частку, для якой характэрны пэўныя статычныя патрабаванні: узровень цяжкасці, варыятыўнасць ацэначных балаў кожнага задання.

Не рэкамендуецца называць тэстам і “*заданне ў тэставай форме*”, таму што яно ствараецца па яшчэ больш вузкім тэматычным прынцыпе і без узрастаючай цяжкасці, прызначна не так для правядзення кантролю якасці ведаў, як для актывізацыі вучэбнай дзейнасці навучэнцаў і павышэння эфектыўнасці працы выкладчыка. Заданні ў тэставай форме падбіраюцца да практычных заняткаў звычайна па тэматычным прынцыпе. Яны могуць быць сфармуляваныя як пытанне, сцвярджэнне, вучэбная праблема ці задача [3, с. 212 – 216].

Для прыкладу прадэманструем розніцу паняццяў “тэставае заданне” і “заданне ў тэставай форме” на канкрэтных прыкладах.

### ***Тэставыя заданні***

*Адзначце сказы, у якіх часціца не са словамі пішацца асобна:*

1. (Не)трэба мяне супакойваць.

2. (Не)льга так паводзіць сябе.
3. Гэта былі (не)знаёмыя мясціны.
4. Хіба ж (не) былі цікавымі нашы летнія паходы?
5. Міхась выйшаў з кабінета, (не)задаволіўшыся гутаркай.

**Адказ:** 1, 4, 5.

Заданні ў тэставай форме фармулююцца як аповядальныя сказы, што-небудзь сцвярджаецца ці адмаўляецца. Яны павінны быць лаканічнымі, карацейшымі за пытанні. Колькасць альтэрнатыўных адказаў можа быць адвольнай: ад двух і звыш дзесяці. Напрыклад:

*Прыметнік – гэта:*

- 1) часціна мовы, якая аб'ядноўвае словы з прадметным значэннем, мае самастойныя граматычныя катэгорыі роду, ліку, склону.
- 2) нязменная форма дзеяслова, якая абазначае дадатковае дзеянне і паясняе дзеяслоў выказнік;
- 3) часціна мовы, якая паказвае на прадмет, прымету ці колькасць прадметаў, але не называе іх;
- 4) форма дзеяслова, якая абазначае прымету або ўласцівасць прадмета (асобы) паводле значэння;
- 5) самастойная часціна мовы, якая абазначае прымету прадмета, змяняецца па родах, ліках і склонах;

**Адказ:** 5

Тыпалогія тэставых заданняў у навукова-педагагічнай літаратуры пакуль застаецца адкрытай. Большасць тэстолагаў, беручы за аснову менавіта метады канструявання тэстаў, у сваіх працах спыняюць увагу на наступных тыпах: заданні закрытай і адкрытай формы, заданні на ўстанаўленне адпаведнасці, заданні на ўстанаўленне правільнай паслядоўнасці, заданні творчага тыпу і інш.

Найбольш распаўсюджанымі ў педагагічнай практыцы з'яўляюцца закрытыя **заданні закрытага тыпу**, якія даюць студэнту магчымасць выбіраць адзін ці некалькі правільных адказаў з прапанаваных варыянтаў. У аснову такіх заданняў складаліся могуць быць пакладзены разнастайныя прынцыпы. Гэта і супастаўленне дадзеных варыянтаў адказаў, іх аднароднасць, супрацьлегласць, альтэрнатыўнасць.

Пры выкананні тэставых заданняў закрытага тыпу адзначыць правільны адказ рознымі спосабамі.

Напрыклад:

Выпішыце лічбы правільнага адказу.

*Знайдзіце лішнія слова*

1) крэдытор	3) інвестар;
2) спонсар;	4) спічрайтар.

**Адказ:** 4

У заданнях **закрытага тыпу** гатовыя адказы не даюцца. наву-чэнец павінен даць свой уласны варыянт, напісаўшы патрэбнае слова ці словазлучэнне пад нумарам пэўнага задання.

*Знайдзіце складаныя тэрміны і запішыце іх:*

1) іскра;	3) хваля;
2) цеплаўтварэнне;	4) электрастанцыя.

Тып заданняў на **ўстанаўленне адпаведнасці** дае мажлівасць праверыць узаемасувязь азначэнняў і фактаў, суадносіны паміж пэўнымі аб'ектамі і іх уласцівасцямі.

*Вызначце спосабы ўтварэння тэрмінаў. Пастаўце насупраць літар нумары правільных адказаў.*

А. Дэмантаж	1. Прыставачна-суфіксальны
Б. ЭРС (электрарухальная сіла)	2. Суфіксальны
В. Рубільнік	3. Прыставачны
Г. Наканечнік	4. Абрэвіяцыя
Д. Ільнаводства	5. Складанасуфіксальны

Тэставае заданне **творчага тыпу** мае на мэце выявіць уменні студэнтаў творча і дакладна будаваць адказ на пастаўленае пытанне. Навучэнцы павінны самі дапоўніць пачатак сказа сваім варыянтам. Напрыклад:

*Закончыце сказ.*

Прафесіяналізмы – гэта словы, ...(**Адказ:** якія сустракаюцца ў мове прадстаўнікоў асобных прафесій). Тэрмін – гэта спецыяльнае слова або злучэнне слоў, (**Адказ:** якое існуе для дакладнага выражэння пэўных паняццяў і спецыяльных прадметаў).

Такім чынам, тэставы кантроль, як паказвае практыка, актывізуе і матывуе студэнтаў да эфектыўнага навучання.

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 / М.В. Жуковіч. – Мінск, 2015. – С. 212-216.

4. Прыгодзіч, М.Р. Беларуская мова. Прафесійная лексіка. Прыродазнаўства: вучэб. дапам. / М.Р. Прыгодзіч, У.І. Куліковіч. – Мінск, 2015. – 262 с.

5. Селевко, Г.К. Современные образовательные технологии / Г.К. Селевко. – Москва, 1998. – 256 с.

6. Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования. / Е.С. Полат. – Москва, 2008. – 368 с.

**Abstract.** The article analyzes one of the modern methods of assessment of student learning outcomes - test technology. The author reveals his own experience in the use of tests in the discipline of teaching practice "Belarusian language (professional vocabulary)." Describes the types of tests, assignments are examples of the features of their use.

УДК 631.171; 378

**Гируцкий И.И.**, доктор технических наук, доцент;

**А. В. Лобач**, студент

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

## **УЧЕБНЫЙ СТЕНД ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДОЗИРОВАНИЯ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы изучения средств тензометрического дозирования и разработки современной технологии автоматизации производства на базе применения микропроцессорных систем управления.

Точный учет потребленных ресурсов и произведенной продукции является необходимым условием повышения конкурентоспособности сельскохозяйственного производства. В качестве источника первичной информации о весовых характеристиках объекта контроля или управления, как правило, используют тензодатчики. Развитие механики и электроники позволило обеспечить использование этих достаточно сложных изделий при решении широкого круга технологических задач. В качестве примеров эффективного использования тензометрических средств можно привести системы дозированного приготовления и раздачи жидких кормов на свиноводческих комплексах, учета комбикормов, проходные весы для скота и др. [1, 2].

Широкое распространение весодозирующих устройств с одной стороны и их определенная сложность эксплуатации с другой стороны, требует детального изучения тензометрических систем в агроинженерном университете. Для учебно-научного процесса агроинженерных университетов отмеченные кардинальные изменения в технологиях управления должны сопровождаться адекватным развитием соответствующей лабораторной базы. От своевременности проведения модернизации лабораторий программно-технических средств автоматизации и переподготовки профессорско-преподавательского состава существенно зависит качество агроинженерного образования, востребованность выпускников и, в значительной мере, эффективность использования новых функциональных возможностей систем автоматизации на предприятиях агропромышленного комплекса [3].

Известная аксиома успеха в век научно-технического прогресса, заключающаяся в решении двуединой задачи – разработке новых технологий и быстрому внедрению их в производство, делает обязательной интеграцию науки (разработка) и образования (обучение грамотному использованию новых технологий).

Современный специалист должен уметь структурировать проектные решения как в терминах аппаратного так и, главное, программного обеспечения, организации человеко-машинного интерфейса и обмена информацией между распределенными подсистемами с использованием идеологии локальных вычислительных сетей (ЛВС) [4,5]. Как правило, средства тензометрического дозиро-

вания входят в состав информационно-управляющих систем технологическими и производственными процессами.

С целью экспериментального изучения тензометрического датчика, а также особенностей его интеграции в микропроцессорные системы управления на кафедре АСУП БГАТУ создан учебный стенд (рисунок 1).

В состав стенда входит тензодатчик, соединенный через тензометрический усилитель с аналоговым входом программируемого контроллера Simens S7 1200. Параллельно тензодатчик подключен к специализированному индикатору веса.

Первоочередные задачи, решаемые с использованием стенда для весового дозирования:

- изучение особенностей монтажа элементов тензометрической системы и линий связи, включая собственно тензодатчик, усилитель и микропроцессорный контроллер;

- формирование навыков настройки и проведения пусконаладочных работ при внедрении проектов в области тензометрирования;



Рисунок 1 – Общий вид учебного стенда по системам тензометрического дозирования.

- отработка технологий реализации полигонных версий реализации систем тензометрического дозирования, от использования простейших имитаторов входных и выходных сигналов, до разработки специального программного обеспечения и использования дополнительных контроллеров и ЭВМ для моделирования реакций объекта управления;

- разработка методического обеспечения для обучения новым технологиям управления в рамках учебно-научного процесса агроинженерного университета, включая курсовое и дипломное проектирование, а также для повышения квалификации сотрудников научно-исследовательских и проектных организаций и специалистов агропромышленных предприятий;

- выполнение исследований и разработка прикладного программного обеспечения под новые функциональные задачи тензометрического дозирования с целью повышения эффективности автоматизированного управления технологическими процессами и производствами.

Решение таких взаимосвязанных задач направлено на освоение современных технологий построения систем тензометрического дозирования в учебно-научном процессе агроинженерного университета.

В качестве программно-аппаратной базы на стенде реализована конфигурация, включающая в себя ПЛК Simatic S7-1200, компьютер с установленной на нем средой программирования и конфигурирования аппаратных средств, коммутационное оборудование с использованием сетевых интерфейсов Profibus и Industrial Ethernet, блоки ввода-вывода дискретных и аналоговых электрических сигналов с модулем имитации технологического процесса. Также на стенде представлена сенсорная панель оператора KTP700 Basic Colog PN – устройство ввода и отображения информации. В качестве программатора используется ПЭВМ с лицензионной системой программирования TIA (Totally Integrated Automation) Portal (V13).

В качестве примера применения возможностей стенда можно привести фрагменты проекта по построению двухкомпонентной системы дозирования в поточной линии экструдирования кормов (рисунок 2).

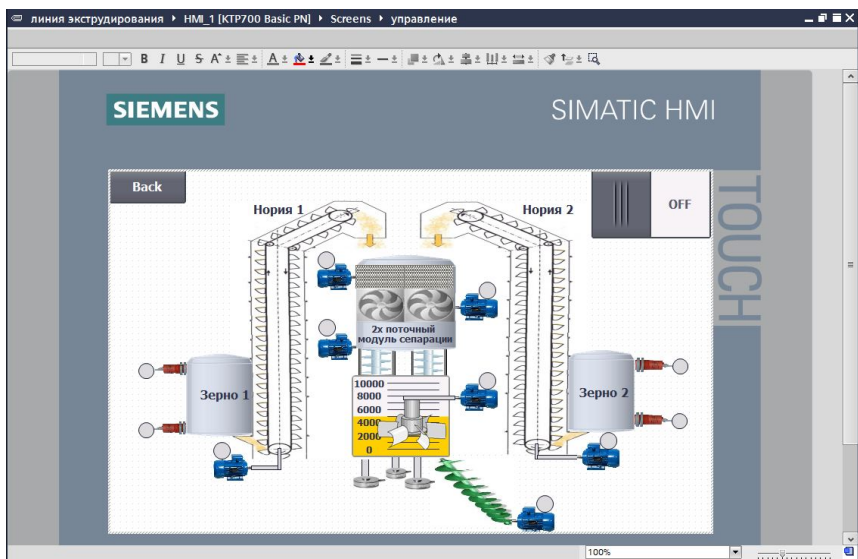


Рисунок 2 – Экран визуализации системы двухкомпонентного тензометрического дозирования в линии экструдирования зерна.

Для разработки прикладного программного обеспечения использован алгоритмический язык программирования контроллеров Structured Control Language (SCL) стандарта МЭК 61131-3 [3].

Таким образом, кафедре АСУП БГАТУ создана прекрасная программно-техническая база для инновационной подготовки активных специалистов в области построения современных систем управления производством с применением технологии тензометрического дозирования.

Список использованной литературы

1. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. – М. КолосС, 2003. – 343 с.
2. Гируцкий, И.И. Инновационная технология подготовки специалистов по компьютеризации сельхозпроизводства / И.И. Гируцкий, В.И Загинайлов, Ю.А. Судник // Механизация и электрификация сельского хозяйства. № 8, 2005. – с.2-4.

3. Гируцкий, И.И. Компьютеризированные системы управления в сельском хозяйстве / И.И. Гируцкий, А.Г. Сеньков. – Минск : БГАТУ, 2014.-212 с.

4. Цифровые системы автоматизации и управления. – СПб.: Невский диалект, 2001. – 557 с.

5. Тверской, Ю.С. Опыт освоения новой технологии АСУТП в учебно-научном процессе энергетического университета / Ю.С. Тверской, С.А. Таламанов, А.В. Голубев // Теория и практика построения и функционирования АСУ ТП: Труды Международ. науч. конф. – Издательство МЭИ, 2003. – с. 211-215.

**Abstract.** The article deals with the study of tensometric dosing devices and the development of modern production automation technology based on the use of microprocessor control systems.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. **Лисай Н.К., Карпович С.К., Миклуш В.П., Сайганов А.С., Герасимов В.С.**  
Основные задачи организации утилизации и рециклинга сельскохозяйственной техники в АПК Республики Беларусь . . . . . 5
2. **Герасимов В.С., Соловьев С.А., Игнатов В.И., Буряков С.А., Миклуш В.П.**  
Построение и функционирование ремонтно-обслуживающей базы сельскохозяйственных товаропроизводителей . . . . . 12
3. **Барташевич Л.В., Барташевич А.Л., Василевский П.Н.**  
Особенности управления запасами на дилерских технических центрах тракторов «БЕЛАРУС» . . . . . 24
4. **Миклуш В.П., Лисай Н.К., Карпович С.К., Сайганов А.С., Герасимов В.С.**  
Особенности организации реновационного производства при утилизации сельскохозяйственной техники . . . . . 31
5. **Науменко О.А., Науменко А.А.**  
Анализ сезонности реализации запасных частей . . . . . 42
6. **Акулович Л.М., Ермашкевич Д.Б.**  
Автоматизации технологической подготовки производства деталей сельскохозяйственной техники из металлопроката . . . . . 47
7. **Акулович Л.М., Дечко М.М., Ворошуха О.Н.**  
Управление процессом резания при магнитно-абразивной обработке поверхностей деталей . . . . . 55
8. **Анискович Г.И., Литовчик Д.П., Рогожинский С.Н.**  
Упрочнение оснований башмаков режущего бруса роторных косилок . . . . . 63
9. **Тойгамбаев С.К., Нукешев С.О.**  
Ремонт деталей двигателей внутреннего сгорания газопламенной наплавкой . . . . . 72

10.	<b>Бодиловский А.В., Протасевич В.А., Сай А.С.</b> К вопросу упрочнения режущих элементов кормоуборочных комбайнов . . . . .	81
11.	<b>Бодиловский А.В., Протасевич В.А., Сай А.С., Шунько С.И.</b> Реновация дисковых луцильников . . . . .	87
12.	<b>Кусин Р.А., Закревский И.В., Черняк И.Н., Жегздринь Д.И., Якимович Н.Н., Якимович И.В., Домбровский В.В., Райский А.П.</b> Применение пористых порошковых материалов в качестве распределителей газовых потоков на предприятиях АПК . . . . .	91
13.	<b>Пастухов А.Г.</b> Обоснование геометрических параметров тензометрического звена силового контура испытательного стенда . . . . .	97
14.	<b>Дунаев А.В., Фильков М.Н.</b> Серпентиновый триботехнический состав «Сарановский». приготовление и сравнительные испытания . . . . .	101
15.	<b>Дунаев А.В., Павлов О.Г., Пустовой И.Ф., Рыжов В.Г.</b> Механизмы образования триботехнических покрытий при использовании геомодификаторов трения . . . . .	112
16.	<b>Иванов В.И.</b> Технологические основы нанесения электроискровых покрытий на детали порошковой металлургии . . . . .	123
17.	<b>Иванов В.И., Костюков А.Ю., Коневцов Л.А., Игнатков Д.А.</b> Использование электроискрового легирования для управления кристаллической структурой поверхностных слоев металлов и сплавов . . . . .	130
18.	<b>Миранович А.В., Акулович Л.М., Ворошуха О.Н.</b> Исследование обрабатываемости износостойких покрытий, полученных магнитно-электрическим упрочнением . . . . .	139
19.	<b>Силяков С.Л., Аулов В.Ф., Рожков Ю.Н.</b> Износостойкие покрытия, полученные СВС-процессом и ТВЧ-нагревом . . . . .	148

20.	<b>Андрушевич А.А., Калиниченко В.А.</b> Синтез литых композиционных материалов для тяжелых условий эксплуатации . . . . .	152
21.	<b>Калиниченко В.А., Андрушевич А.А.</b> Формирование поверхностных слоев при синтезе композиционных материалов на основе медных сплавов . . .	157
22.	<b>Иванов В.И.</b> Классификация объектов, методологические и технологические особенности электроискрового упрочнения и увеличения ресурса . . . . .	161
23.	<b>Калиниченко М.Л., Зелезей А.Е.</b> Аспекты надежности клеевых соединений при ремонте сельскохозяйственной техники . . . . .	182
24.	<b>Капцевич В.М., Корнеева В.К., Богданович Т.А.</b> Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам при их проектировании, изготовлении и практическом использовании . . . . .	187
25.	<b>Капцевич В.М., Лисай Н.К., Чугаев П.С., Закревский И.В.</b> Искрогаситель для выхлопных систем . . . . .	192
26.	<b>Мирутко В.В., Сёмин Е.В., Вишневецкий Д.П., Гуль А.С.</b> Совершенствование способов промывки системы смазки автотракторных двигателей . . . . .	196
27.	<b>Толочко Н.К., Челединов А.Н.</b> Кинетика кавитационной очистки . . . . .	201
28.	<b>Толочко Н.К., Челединов А.Н.</b> Механизмы кавитационной очистки . . . . .	204
29.	<b>Оржеховский А.А.</b> Поглотительная способность торфа . . . . .	207
30.	<b>Михайловский Е.И.</b> Система материально-технического обеспечения сельскохозяйственных товаропроизводителей . . . . .	210

31. **Герасимов В.С., Соловьев Р.Ю., Игнатов В.И., Буряков С.А., Миклуш В.П., Сокол О.В.**  
Нормативно-законодательные предпосылки для создания комплексных предприятий, обеспечивающих выполнение постпроизводственных этапов жизненного цикла машины . . . . . 215
32. **Шило И.Н., Ким Н.П., Кушнир В.Г., Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Есипов С.В.**  
Оригинальное техническое средство для подбора корнеклубнеплодов . . . . . 224
33. **Смирнов И.Г., Хорт Д.О., Филиппов Р.А., Романюк Н.Н., Есипов С.В.**  
Выносная секция фрезы садовой. . . . . 228
34. **Романюк Н.Н., Сашко К.В., Клавсуть П.В.**  
Способы повышения надежности работы ленточного транспортера . . . . . 233
35. **Тарасенко В.Е., Жешко А.А.**  
Построение регрессионной модели удельного расхода топлива дизеля DEUTZ BF06M1013FC . . . . . 242
36. **Барановский И.В., Колоско Д.Н., Жилич Е.Л., Грищенко Д.Н.**  
Соблюдение технологических и экологических требований к машинам вторичной очистки зерна и семян . . . . . 249
37. **Шогенов Ю.Х., Ахалая Б.Х.**  
Повышение эффективности уборки плодов фруктовых насаждений . . . . . 254
38. **Радишевский Г.А., Портянко Г.Н., Гурнович Н.П., Белый С.Р., Наркевич Д.В.**  
Выбор параметров приемной части картофелеуборочной машины из условия минимальной загрузки сепарирующих органов . . . . . 259
39. **Шило И.Н., Нукешев С.О., Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Сашко К.В., Есипов С.В.**  
Подборщик-погрузчик плодов бахчевых культур . . . . . 262

40. **Радишевский Г.А., Белый С.Р., Наркевич Д.В., Журавский Е.Ю.**  
Размерно-массовые характеристики корнеплодов моркови, как основание для выбора параметров сортировальных поверхностей . . . . . 267
41. **Шило И.Н., Ким Н.П., Кушнир В.Г., Романюк Н.Н., Агейчик В.А., Есипов С.В.**  
Оригинальный пневматический подборщик плодов с земли. . . . . 271
42. **Гируцкий И.И., Клыбик В.К., Жур А.А.**  
Инновационные технологии при разработке и внедрении комплекта оборудования для обеспечения микроклимата в картофелехранилищах . . . . . 272
43. **Романюк Н.Н., Сашко К.В., Клавсуть П.В.**  
Техническое обеспечение хранения техники . . . . . 280
44. **Ахалая Б.Х., Гайко О.А.**  
Пневматический высеивающий аппарат для совмещенного посева . . . . . 286
45. **Основин В.Н., Основин С.В., Мальцевич И.В.**  
Основные виды разрушений и дефектов бетонных и железобетонных конструктивных элементов траншейных силосохранилищ . . . . . 290
46. **Мисуно О.И., Оскирко А.И.**  
Влияние привода опорных колес плуга на производительность пахотного агрегата . . . . . 296
47. **Кусин Р.А., Якимович Н.Н., Якимович И.В., Шункевич А.А., Черняк И.Н.**  
Разработка способа получения бактериоцинов для борьбы с инфекционными заболеваниями сельскохозяйственных животных и птиц . . . . . 301
48. **Вечер Н.Н., Березко М.Н., Городецкая Е.А.**  
Агробиологические особенности возделывания душицы обыкновенной (*ORIGANUM VULGARE L.*) в условиях интродукции . . . . . 306

49. **Мисуно О.И., Оскирко А.И.**  
К вопросу эффективного использования  
энергонасыщенного трактора на пахоте . . . . . 310
50. **Андруш В.Г., Стокин А.В.**  
Сокращение продолжительности обкатки при ремонте  
двигателя внутреннего сгорания . . . . . 316
51. **Панасенко С.И.**  
Программное моделирование электронных устройств  
«программой удаленного управления роботизированными
52. **Акулович Л.М., Сергеев Л.Е., Мендалиева С.И.**  
Ферроабразивный порошок для магнитно-абразивной  
обработки на основе ультрадисперсных алмазов . . . . . 324
53. **Сергеев К.Л.**  
Зависимость краевого угла смачивания эмульсионной  
сож от дисперсности масляной фазы и шероховатости  
поверхности . . . . . 329
54. **Панасенко С.И.**  
Применение автоматизированной системы технического  
учёта электроэнергии на хлебопекарной линии . . . . . 334
55. **Занкович Е.П.**  
Новые технологии в подготовке инженерных кадров -  
залог качественного образования . . . . . 339
56. **Гринцевич Т.И., Дятко И.М.**  
Инновационные методы обучения – новые пути разви-  
тия вузовского образования . . . . . 342
57. **Копань Л.И.**  
Технология формирования исследовательских умений  
будущих агроинженеров . . . . . 345
58. **Матвеев И.П., Костикова Т.А.**  
Подготовка инженерных кадров для апк на основе  
дистанционных образовательных технологий . . . . . 349

59.	<b>Мисуно О.И.</b> Роль управляемой самостоятельной работы студентов при изучении механики материалов . . . . .	352
60.	<b>Рязанцева Т.В.</b> Актуальные образовательные тренды подготовки инженерных кадров апк в условиях информатизации общества . . . . .	358
61.	<b>Галенюк Г.А., Жилич С.В.</b> Креативное мышление студентов с ориентацией на профессиональные компетенции . . . . .	361
62.	<b>Фокина И.С.</b> Использование электронного учебно-методического комплекса при преподавании учебной дисциплины «Делопроизводство» . . . . .	363
63.	<b>Якубовская Е.С.</b> Подходы к оценке уровня сформированности профессиональной компетентности, обеспечивающей инновационный компонент профессиональной деятельности . . . . .	366
64.	<b>Смолянко А.А., Платоненко О.В.</b> Инновационные технологии в обучении русскому языку студентов-иностранцев инженерных специальностей . . .	370
65.	<b>Васильева Л.Г.</b> Готовность студентов к инновационной профессиональной деятельности в процессе обучения иностранному языку . . . .	374
66.	<b>Мантур А.Я.</b> Тэорыя і практыка выкарыстання тэставай тэхналогіі. . .	379
67.	<b>Гируцкий И.И., А. В. Лобач.</b> Учебный стенд по изучению тензометрических средств дозирования . . . . .	383

Научное издание

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

Материалы Международной  
научно-практической конференции

*(Минск, 7–8 июня 2017 г.)*

Ответственный за выпуск *А. В. Миранович*  
Компьютерный дизайн и верстка *П. Н. Василевского*  
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 05.06.2017. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Ризография. Усл. печ. л. 22,77. Уч.-изд. л. 18,00. Тираж 70 экз. Заказ 480.

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.