



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



РЕСПУБЛИКАНСКОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ  
«БЕЛАГРОСЕРВИС»



Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ,  
ОСНАЩЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции

(Минск, 6–7 июня 2023 года)

Минск  
БГАТУ  
2023

УДК 631.3:621

**Современные** тенденции развития сельскохозяйственного машиностроения, оснащения и технического сервиса в АПК : сборник научных статей Международной научно-практической конференции (Минск, 6–7 июня 2023 года) / редкол.: Крук И.С. [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2023. – 164 с. – ISBN 978-985-25-0214-6.

Включает научные статьи белорусских и зарубежных ученых, посвященные актуальным проблемам развития сельскохозяйственного машиностроения, оснащения и технического сервиса в АПК.

Адресовано научным работникам, преподавателям, аспирантам, студентам I и II ступени получения высшего образования, а также всем заинтересованным лицам.

Редакционная коллегия:

*Крук И. С.*, канд. техн. наук, доцент, проректор по научной работе, директор НИИМЭСХ БГАТУ (главный редактор);

*Карнович С. К.*, канд. экон. наук, доцент, начальник главного управления технического прогресса и энергетики, государственного надзора за техническим состоянием машин и оборудования (ГЛАВГОСТЕХНАДЗОР) Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь;

*Матвейчук А. С.*, канд. техн. наук, заместитель начальника главного управления технического прогресса и энергетики, государственного надзора за техническим состоянием машин и оборудования (ГЛАВГОСТЕХНАДЗОР) Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь;

*Назаров Ф. И.*, канд. техн. наук, доцент, и. о. заведующего кафедрой технологий и механизации животноводства БГАТУ

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

ISBN 978-985-25-0214-6

© БГАТУ, 2023

**Приветственное слово Министра сельского хозяйства и  
продовольствия Республики Беларусь Брыло И.В.  
участникам Международной научно-практической конференции  
«Современные тенденции развития сельскохозяйственного  
машиностроения, оснащения и технического сервиса в АПК»**

Уважаемые участники!

Я рад приветствовать Вас на Международной научно-практической конференции «Современные тенденции развития сельскохозяйственного машиностроения, оснащения и технического сервиса в АПК» в Белорусском государственном аграрном техническом университете – одном из ведущих образовательных, научных и инновационных центров Республики Беларусь!

Подготовка высококвалифицированных специалистов, развитие системы повышения квалификации и переподготовки кадров с учетом запросов аграрного бизнеса и развития цифровизации аграрной сферы – это та основа, которая позволяет укрепить национальную продовольственную безопасность, обеспечение которой может быть достигнуто путем дальнейшего увеличения объемов производства продукции растениеводства и животноводства преимущественно в крупных сельскохозяйственных организациях с применением машин и оборудования современного технологического уклада.

Вклад науки в развитие технического обеспечения сельскохозяйственной отрасли имеет огромное значение. Сегодня практически нет ни одной сферы сельскохозяйственного производства, где бы ни использовались научные знания, научно-технический потенциал. С помощью современных научных достижений страна выходит на принципиально новый уровень решения стоящих перед обществом масштабных задач.

Уверен, что конференция пройдет в созидательной и творческой атмосфере, а поднятые на ней вопросы будут способствовать укреплению интеграционных связей, использованию передового отечественного и мирового опыта развития АПК.

Желаю участникам плодотворной работы, творческой результативной дискуссии, расширения взаимовыгодных партнерских отношений.

Министр



И.В.Брыло

## НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Карпович С.К.<sup>1</sup>, к.э.н., доцент, Сайганов А.С.<sup>2</sup>, д.э.н., профессор  
Матвейчук А.С.<sup>1</sup>, к.т.н., Крупеня А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь,*

<sup>2</sup>*Институт системных исследований в АПК НАН Беларуси*

**Введение.** Сельскохозяйственное производство относится к одному из приоритетов государственной политики. Повышение его экономической эффективности в условиях стремительного развития науки, техники и технологий, высокой конкуренции на рынке и расширения интеграционных процессов указывает на острую необходимость повышения конкурентоспособности сельскохозяйственной отрасли за счет ускоренной технологической модернизации и создания перспективных научных и технических разработок в разных сферах агропромышленного комплекса.

**Основная часть.** Совместная работа ученых и практиков направлена на переход от интенсивных технологий на инновационные, рассчитанные на достижение показателей, близких к биологическому потенциалу сельскохозяйственных культур и животных. При этом учитывается накопленный опыт и формирование международных трендов научно-технологического и инновационного развития.

В 1990 году в сельском хозяйстве было задействовано свыше 74 тыс. грузовых автомобилей, 30 тыс. зерноуборочных и 9 тыс. кормоуборочных комбайнов, свыше 126 тыс. тракторов, к каждому из которых имелся шлейф прицепных и навесных машин.

Вместе с тем, в начале 90-х годов в Республике Беларусь выпускалось только около 13 % требуемой номенклатуры машин для механизации производства сельскохозяйственной продукции.

Для исправления данной ситуации в 1996 году Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь была

разработана концепция развития механизации и автоматизации сельскохозяйственного производства на период до 2000 года, ставшая основой утверждения Правительством республиканской программы создания сельскохозяйственной техники, предусматривающей разработку и освоение производства 136 наименований машин и оборудования. Главной задачей программы было воспроизводство на новом техническом уровне сельскохозяйственной техники, которая ранее поставлялась в республику из других республик СССР и стран СЭВ.

Благодаря правильно выстроенной стратегии развития сельского хозяйства и отечественного сельскохозяйственного машиностроения, на сегодняшний день работы в отрасли выполняются значительно меньшим количеством техники, а объемы производства продукции растениеводства и животноводства ежегодно увеличиваются.

Анализ состояния и направления развития механизации сельского хозяйства наиболее четко можно проследить на примере основных самоходных машин – тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов.

По данным Национального статистического комитета Республики Беларусь по состоянию на 1 января 2023 г. в сельскохозяйственных организациях имеется порядка 38 тыс. тракторов, 8 тыс. зерноуборочных и 4 тыс. кормоуборочных комбайнов. Место выбывающей техники занимают современные высокопроизводительные машины. Ярким примером служат итоги 2022 года, когда 7,5 тыс. комбайнов, т.е. в 4 раза меньше по отношению к 1990 году, собрали рекордный урожай – свыше 10 млн. тонн зерна.

С 2010 года (рисунок 1) количество тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов сократилось с 66,5 тыс. единиц до 49,9 тыс. единиц, при этом энерговооруженность труда выросла на 26,7 л.с., и на начало 2023 года составила 77,9 л.с. на одного работника.

Необходимо отметить, что в нашей стране более 86 % техники и оборудования, задействованных в сельскохозяйственном производстве, выпускается на отечественных предприятиях. Доля импортных тракторов, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов в машинно-тракторном парке составляет,

соответственно, только 4, 12 и 22 %. Выпускаемая в Республике Беларусь техника используется на всех этапах технологического процесса: от обработки почвы и посева – до упаковки и хранения готовой продукции.

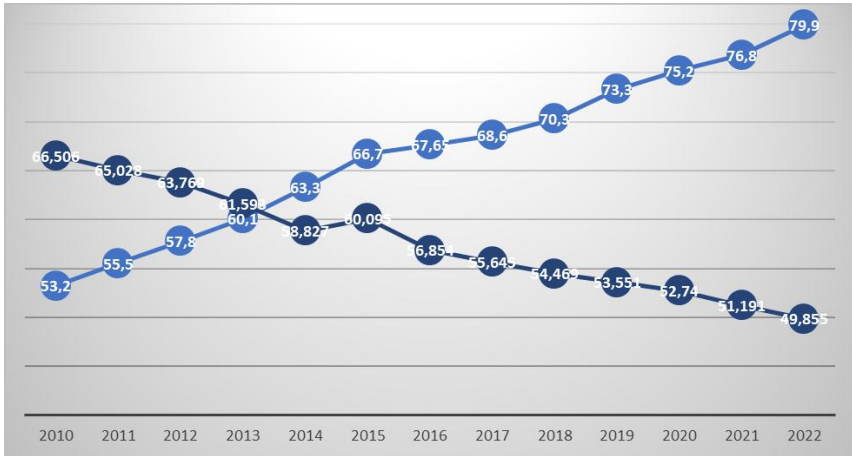


Рисунок 1. – Ежегодное снижение количества тракторов и рост энерговооруженности труда в сельском хозяйстве Республики Беларусь

Имеющийся машинно-тракторный парк обеспечивает проведение полевых работ по современным интенсивным технологиям в оптимальные агротехнические сроки. Однако в механизации сельского хозяйства решены еще не все вопросы.

Фактическая обеспеченность тракторами составляет 95 %, из них тракторами с двигателем 250 л.с. и более – 91 %, зерноуборочными комбайнами – 93 %, кормоуборочными комбайнами – 97 %.

Несмотря на близкий к оптимальному составу машинно-тракторный парк в количественном выражении, необходимо учитывать и возраст эксплуатируемой техники. Свыше 10 лет работает 62 % тракторов (в количественном выражении – это 23,5 тыс. единиц), 62 % зерноуборочных (4,9 тыс. единиц) и 47 % кормоуборочных комбайнов (1,9 тыс. единиц).

Открытым вопросом остается и качественный состав имеющегося парка. Практически в каждой сельскохозяйственной организации имеется избыток тракторов мощностью до 100 л.с.

(111 %), при недостатке оснащенности тракторами мощностью свыше 250 и более л.с., а также тракторами средней (120–200 л.с.) мощности. Остро чувствуется низкая обеспеченность современной высокопроизводительной кормоуборочной техникой.

При научно-обоснованном ежегодной потребности в обновлении 6–8 % парка техники, в последние годы обновление машинно-тракторного парка составляет лишь 4–5 %. Например, за 2022 год обновление парка тракторов составило 3,4 %, тракторов с мощностью двигателя 250 л.с. и более и зерноуборочных комбайнов – по 4,7 %, кормоуборочных комбайнов – 4,6 %.

Как отмечено ранее, стратегия развития в области механизации сельского хозяйства направлена на создание машинно-тракторного парка, позволяющего проводить сельскохозяйственные работы по современным технологиям в оптимальные агротехнические сроки.

Анализ отечественного и мирового опыта сельскохозяйственного машиностроения указывает на ряд приоритетных направлений его развития:

увеличение мощности двигателя энергетических средств, внедрение систем автоматизации и контроля, снижение воздействия на окружающую среду;

повышение рабочей скорости движения уборочной техники, улучшение условий труда механизатора, совершенствование технологического процесса уборки;

увеличение ширины захвата почвообрабатывающей техники, комбинирование различных рабочих органов для снижения количества проходов машины;

увеличение ширины захвата посевных агрегатов, повышение рабочей скорости, создание комбинированных агрегатов, обеспечивающих одновременную обработку почвы, сев и внесение удобрений;

увеличение грузоподъемности машин для внесения удобрений, автоматизация и контроль за нормой внесения, применение коррозионностойких материалов.

Поставленные вопросы обновления и дооснащения машинно-тракторного парка нашли свое отражение в реализуемой сегодня Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы и разработанной Системе перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и

первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года.

В ходе реализации ГП «Аграрный бизнес» планируется увеличить долю тракторов с мощностью двигателя 300 л.с. и более до 25 % в парке (на сегодняшний день – 19 %), тракторов с двигателем мощностью 120–200 л.с. до 30–35 % (26 %), зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 12 кг/с – до 80 % (75 %), с пропускной способностью свыше 12 кг/с – до 20 % (12 %), кормоуборочных комбайнов с двигателем 450 л.с. и более – до 75 % (на сегодняшний день – 70 %) [1].

Отечественные производители сельскохозяйственной техники стремятся увеличить ее производительность за счет внедрения более экономичных двигателей, работающих на различных видах топлива, более масштабно внедряют электронные системы и создают более комфортные условия труда механизатора.

Например, Минским тракторным заводом разработан трактор БЕЛАРУС-5022 с двигателем мощностью 500 л.с., а также тракторы с обеспечением автоматического управления его движением при выполнении работ.

ОАО «Гомсельмаш» в 2019 году начато серийное производство комбайна КЗС-3219КР с гибридной схемой обмолота и сепарации.

Еще один серийно выпускаемый комбайн – представитель нового поколения зерноуборочных комбайнов «ПАЛЕССЕ» – КЗС-2124КР, обладающий высоким потенциалом производительности. Это первый в линейке «Гомсельмаша» комбайн с элементами системы точного земледелия в базовой комплектации, позволяющими автоматически обрабатывать показатели урожайности и обеспечивающими движение комбайна точно по заданному маршруту в беспилотном режиме.

Также следует упомянуть и газомоторный зерноуборочный комбайн КЗС-4118К, не имеющий аналогов в мире. Техника оснащена 350-сильным двигателем экологического класса Stage V, работающим на сжатом природном газе.

На современном этапе уровень развития технологий позволяет выпускать и эксплуатировать «умные» машины и оборудование, способные автоматически отслеживать выполнение технологического процесса.

В целях повышения эффективности использования машинно-тракторного парка в настоящее время в сельскохозяйственных организациях республики внедряются элементы системы точного земледелия: кроме элементов, используемых на отмеченных выше тракторах Минского тракторного завода и зерноуборочных комбайнах производства ОАО «Гомсельмаш», это мобильное оборудование для отбора проб почв (ООО «Агромашресурс»), машины для внесения твердых минеральных удобрений РМУ-8000 (ОАО «Щучинский ремонтный завод») с системой дифференцированного внесения удобрений, самоходные опрыскиватели ОВС-4224 (ОАО «Лидагропроммаш») и РОСА (ООО «Агромашресурс»), оснащенные системой дифференцированного внесения КАС на основе карты поля.

Минсельхозпродом совместно с заинтересованными разрабатывается единый программно-технологический комплекс, способный реализовать высокопроизводительные инновационные приемы точного земледелия и объединить его разрозненные элементы в единую систему.

Одним из основных направлений развития сельского хозяйства является механизация и автоматизация технологических процессов в животноводстве.

Если в 2000-х годах на молочно-товарных фермах преобладал привязный способ содержания коров с доением в переносные ведра или молокопровод, то к настоящему времени реконструированы и построены новые молочно-товарные фермы, где используется современное доильное и холодильное оборудование.

Отечественными предприятиями выпускаются 87 % всего шлейфа необходимой сельскохозяйственной техники и оборудования для животноводства, в том числе современные доильные залы, обеспечивающие автоматизированный процесс доения, оснащенные компьютерной системой контроля и управления технологическими процессами доения и менеджмента стада, имеющие высокий уровень унификации, ремонтпригодности и эксплуатационной устойчивости. Необходимо отметить, что стоимость и затраты на сервисное обслуживание отечественного оборудования в 1,4-1,6 раза ниже импортных образцов при соизмеримой производительности.

В Республике Беларусь предусматривается поэтапная разработка доильного оборудования с роботизированной системой доения: от создания интеллектуального модуля доения до оснащения указанным модулем доильных залов, выпускаемых отечественными предприятиями. Это обеспечит системный подход к организации технологии производства молока за счет инновационных принципов доения в сочетании с новыми технологическими решениями, реализованными на базе комплексного использования автоматизированных и роботизированных систем управления технологическими процессами.

В Систему перспективных машин и оборудования для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021–2025 годы и на период до 2030 года включены технические средства нового поколения (многофункциональные роботизированные комплексы), позволяющие существенно повысить уровень механизации работ в отрасли животноводства и обеспечить оптимальные условия для реализации перспективных технологий.

В рамках подпрограммы «Белсельхозмеханизация» ГНТП «Агропромкомплекс-2020» на 2016–2020 годы РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» совместно с ООО «Полиэфир АГРО» разработан и внедряется программно-аппаратный комплекс системы идентификации и контроля физиологического состояния животных (ИКФС), обеспечивающий централизованный компьютерный учет и систематизацию параметров, индивидуальный контроль физиологического состояния животных, их группировку по различным показателям, отслеживание динамики влияния различных факторов на организм животных. ИКФС позволяет автоматизировать процесс производства молока на молочно-товарных комплексах, увязать их в единую управляемую систему, включающую кормление, доение, содержание и микроклимат.

Следующим этапом является создание отечественного роботизированного доильного оборудования, разработка которого уже ведется совместно с НАН Беларуси.

Стратегическая цель деятельности организаций отрасли в области энергосбережения направлена на дальнейшее снижение энергозатрат на производство продукции за счет внедрения новых современных энергоэффективных технологий и оборудования, увеличения использования местных видов топлива и вторичных энергетических ресурсов.

В агропромышленном комплексе Республики Беларусь построено

20 биогазовых комплексов общей мощностью около 22,2 МВт, эксплуатируется 11 котлов общей мощностью около 9 МВт на отходах зернопереработки, 1,2 тыс. зерносушилок используют местные виды топлива.

Наиболее крупные биогазовые комплексы эксплуатируются в ОАО «Рассвет им. К.П. Орловского (4,8 МВт) Могилевской области и СПК «Агрокомбинат Снов» (2,8 МВт) Минской области.

Наиболее продолжительный опыт эксплуатации биогазового комплекса имеет ОАО «СГЦ «Западный» (0,5 МВт) Брестской области. Порядка 95 % годовой выработки электрической энергии реализуется в сеть ГПО «Белэнерго» и около 65 % тепловой энергии – сторонним потребителям. Кроме того, ОАО «СГЦ «Западный» получает органоминеральные удобрения и очищенные жидкие стоки для орошения полей.

Для сельскохозяйственных организаций республики представляет интерес использование энергии биогаза, древесного топлива и иных видов биомассы, утилизация вторичных энергетических ресурсов (например, рекуперация тепловой энергии при охлаждении молока).

Минсельхозпродом и облисполкомами ежегодно разрабатываются Планы мероприятий по экономии топливно-энергетических ресурсов.

Анализ результатов реализации основных энергосберегающих мероприятий показывает, что внедрение современных энергоэффективных технологий, процессов, оборудования и материалов обеспечивает порядка 33 % общей экономии ТЭР, оптимизация систем теплоснабжения – 23 %, ввод генерирующего оборудования – 19 %, внедрение автоматических систем управления освещением и энергоэффективных осветительных устройств – 10 %, повышение эффективности работы котельных и

технологических печей, увеличение термосопротивления ограждающих конструкций зданий, сооружений и использование местных топливно-энергетических ресурсов – по 5 %.

Реализации энергосберегающих мероприятий в подчиненных Минсельхозпроду организациях обеспечивает ежегодную экономию ТЭР на уровне порядка 0,4 тыс. тонн условного топлива.

Минсельхозпродом ведется активная работа по информатизации сельского хозяйства. На сайте Минсельхозпрода размещены:

ИПС «Техсервис» – электронная площадка, в которой отражена актуальная информация о наличии запасных частей на складах и базах снабжения РО «БЕЛАГРОСЕРВИС», областных и районных организаций агросервиса, а также заводов-изготовителей сельскохозяйственной техники, позволяющая обеспечить и упростить поиск запасных частей в период подготовки сельскохозяйственной техники к полевым работам и в период их проведения;

ИПС «Машснаб» – электронная система учета сельскохозяйственной техники и оборудования в сельскохозяйственных организациях всех форм собственности, содержащая информацию о наименовании техники (оборудования), марке, годе выпуска, инвентарном номере, номере шасси и номере государственной регистрации. Внесение информации в ИПС «Машснаб» возложено на сельскохозяйственные организации;

информационная система мониторинга технического обслуживания доильного оборудования, созданная в целях повышения качества технического обслуживания доильного оборудования, находящихся на балансе сельскохозяйственных организаций Республики Беларусь, и обеспечения его надежного функционирования и позволяющая специалистам Минсельхозпрода, обл- и райсельхозпродов, молокоперерабатывающих предприятий осуществлять анализ и контроль технического обслуживания доильного оборудования. Внесение информации в ИПС «Машснаб» возложено на сервисные организации, осуществляющие техническое обслуживание доильного оборудования;

АИС «Гостехнадзор» – автоматизированное рабочее место инспектора гостехнадзора для осуществления административных процедур. АИС «Гостехнадзор» – государственный

информационный ресурс Минсельхозпрода, содержащий сведения о зарегистрированных инспекциями гостехнадзора тракторах, прицепах к ним и самоходных машинах, о выданных удостоверениях тракториста-машиниста и талонах предупреждений.

Для своевременной подготовки техники и обеспечения эффективного использования машинно-тракторного парка в Республике Беларусь широко используются возможности организаций агросервисного обслуживания.

В настоящее время система РО «БЕЛАГРОСЕРВИС» включает 6 облагросервисов, 118 районных и межрайонных организаций агросервиса, в том числе 32 специализированные организации по производству техники, запасных частей, сервисному обслуживанию и ремонту сельскохозяйственной техники, 10 заводов, из них 4 мотороремонтных.

На базе организаций агросервиса действует более 40 сервисных центров от заводов-изготовителей, оказывающих услуги по техническому обслуживанию и ремонту техники как в гарантийный, так и послегарантийный периоды эксплуатации. Постоянно ведется работа по их техническому переоснащению, повышению квалификации работников, расширению номенклатуры услуг по ремонту узлов и агрегатов.

Большинство организаций агросервиса обладает собственной производственной базой, что позволяет производить рабочие органы и запасные части к сельскохозяйственной технике отечественного и импортного производства. Широко освоен выпуск быстроизнашивающихся деталей, в том числе с внедрением научных разработок в области упрочнения материалов с использованием сталей пониженной прокаливаемости и отечественных технологий поверхностной закалки рабочей поверхности.

Минсельхозпродом совместно с облисполкомами в каждой области определены базовые организации агросервиса, которые выступают техническими обменными пунктами и базами снабжения.

Кроме того, организациями агросервисного обслуживания ведется восстановление самортизированной техники, узлов и агрегатов и последующая их реализация на вторичном рынке.

Основными операторами вторичного рынка Основными операторами вторичного рынка техники в республике выступают РО «БЕЛАГРОСЕРВИС» и областные организации агросервиса.

Восстановление техники для вторичного рынка рассматривается по ряду направлений:

реализация техники практически без вложения средств – при необходимости техника восстанавливается до состояния позволяющей участвовать в дорожном движении (восстановление световой сигнализации, локальная покраска и т.д.);

восстановление техники обезличенным ремонтом до уровня ресурса 70-80 % – восстановление комплектности, замена кабины, шин, ремонт двигателя КПП, мостов и других узлов на специализированных предприятиях;

восстановление техники по заказу потребителя: замена или восстановление некоторых узлов и агрегатов (восстановление базовых узлов или некоторых базовых узлов, замена или без замены кабины, шин и т.д.).

После определения объекта вторичного рынка, его оценки и определения вида восстановления – РО «БЕЛАГРОСЕРВИС» и областные организации агросервиса размещают заказы на восстановление базовых узлов в специализированных организациях (мотороремонтный завод, агросервис, дилерский центр и т.д.).

В РО «БЕЛАГРОСЕРВИС» и областных организациях агросервиса созданы демонстрационные площадки, в том числе, интернет площадки, для реализации указанной техники.

Одним из основных актуальных вопросов в агропромышленном комплексе остается обеспеченность сельскохозяйственных организаций механизаторскими кадрами, которая на сегодняшний день составляет 91 %.

Для восполнения недостающего количества механизаторов на период проведения полевых работ дополнительно привлекается порядка 2,9 тыс. человек, из них: 74 % с промышленных предприятий и 26 % выпускников и практикантов учреждений образования аграрного профиля.

В завершении, хотелось бы отметить работу, проводимую в сельскохозяйственной отрасли по обеспечению комфортных и

безопасных условий труда, транспортной и пожарной безопасности.

В первую очередь, за счет должного уровня знаний в вопросах охраны труда для всех без исключения, начиная от руководителя и заканчивая работником.

Параллельно ведется работа по поддержанию оборудования в исправном состоянии, обеспечению работников необходимым количеством средств индивидуальной и коллективной защиты, первичными средствами пожаротушения и др.

Для предупреждения производственного травматизма ежегодно проводятся месячники безопасности: в марте (в период проведения весенних полевых работ), в мае (при заготовке кормов) и в июле (во время уборочных работ).

Руководители и специалисты организаций АПК проходят переподготовку и повышение квалификации, в программы обучения включаются вопросы охраны труда, трудового законодательства, пожарной и промышленной безопасности.

Минсельхозпродом в целях обмена опытом, предотвращения несчастных случаев и профессиональных заболеваний на рабочих местах, повышения культуры производства и улучшения условий труда проводятся обучающие семинары, вопросы охраны труда освещаются в средствах массовой информации, организован ежегодный республиканский смотр-конкурс на лучшую организацию работы по охране труда.

Это позволяет сохранить самое главное – жизнь и здоровье работников.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 1 февраля 2021 года № 59 «О Государственной программе «Аграрный бизнес» на 2021–2025 годы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mshp.gov.by/ru/programms-ru/view/gosudarstvennaja-programma-laquoagrarnyj-biznesraquo-na-20212025-gody-4193/>. – Дата доступа: 25.05.2023.

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ МОДЕРНИЗАЦИИ  
РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ И РАЗВИТИЯ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК РЕСПУБЛИКИ  
БЕЛАРУСЬ**

**Юркевич С.Б.<sup>1</sup>, генеральный директор,  
Крук И.С.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**

*<sup>1</sup>Республиканское объединение «Белагросервис»,*

*<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»*

**Введение.** На современном этапе развития общества основной целью аграрной политики государства является формирование эффективного конкурентоспособного агропромышленного сектора экономики, обеспечивающего продовольственную безопасность страны и интеграцию в мировое сельскохозяйственное производство и рынки продовольствия.

Создание развернутой и хорошо организованной в технологическом и техническом аспектах сети организаций технического сервиса является неременным условием успешной работы аграрного сектора экономики.

Деятельность передовых агросервисных предприятий республики, а также мировой опыт в развитии сферы услуг для села показывают, что эффективный сервис позволяет существенно снизить себестоимость сельскохозяйственной продукции и повысить конкурентоспособность отечественного АПК.

**Основная часть.** В Республике Беларусь интенсивное развитие системы технического сервиса получило с начала образования в 2003 году Республиканского объединения «Белагросервис» [1]. Материальной базой сервисных структур явились существующие ремонтно-обслуживающие организации агросервиса.

Создана и успешно функционирует «Информационно-Поисковая Система», использование которой позволило значительно улучшить организацию производственно-технического, материально-технического и агрохимического

обеспечения АПК, оперативно решать вопросы сервисного сопровождения сельскохозяйственной техники.

Предприятиями агросервиса оказываются услуги по техническому обслуживанию и ремонту двигателей ЯМЗ 238/240, Д-260, Д-240/245, «Детройт-Дизель» «Дойц» и других автотракторных и комбайновых двигателей, коробок перемены передач к тракторам, «Беларус-80/82/1221/1523, топливной и гидроаппаратуры, оборудования животноводческих ферм.

На станциях технического обслуживания предприятий агросервиса ремонтируются и проходят техническое обслуживание практически все модели современной самоходной высокопроизводительной отечественной и зарубежной техники: тракторы «Беларус»-1221/1523/2022/2522/2822/3022/3522» зерноуборочные и кормоуборочные комбайны КЗС-10К, Лексион-480/580, Мега-208/218, КВК-800, Ягуар-840 и др. техника. Предприятия агросервиса ведут работы по монтажу и сервисному сопровождению современного доильного и ходильного оборудования фирм «Вестфалия», «Итек», «Кросно» и ОАО «Гомельагрокомплект».

Для обеспечения сельскохозяйственных организаций современной техникой на 30 предприятиях агросервиса освоено производство более 80 раз личных машин и оборудования. Изготавливается более 350 наименований запасных частей к импортной технике.

В настоящее время (на начало 2023г.) в системе РО «Белагросервис» совместно с предприятиями-изготовителями функционирует 65 дилерских технических центров по гарантийному и послегарантийному обслуживанию сельскохозяйственной техники и оборудования. Из них 29 дилерских центров ПО «МТЗ» (30,5%); 17 – ОАО «Бобруйскагромаш» (17,9%); 9 - ОАО «Лидаагромаш» (9,5%); 18 - ПО «Гомсельмаш» (18,9%).

Действующая дилерская сеть имеет четкую специализацию, при которой, во-первых, зона обслуживания одним дилерским центром не ограничивается масштабом того или иного района, а имеет межрайонный уровень. Во-вторых, дилерские предприятия, как правило, проводят гарантийное и послегарантийное обслуживание техники не одного, а нескольких заводов-

изготовителей, что подчеркивает их комплексную многоцелевую направленность. Дилерские центры обеспечивают выполнение объемов работ по техническому сервису машин и оборудования, как в гарантийный, так и в послегарантийный периоды эксплуатации. Средний срок устранения отказов по сложной сельскохозяйственной технике в основном (90%) составляет не более одних суток, в остальных случаях не более 5.

Для технического сервиса животноводческого оборудования на базе райагросервисов создано 30 дилерских центров (Брестская область – 6, Витебская – 4, Гомельская – 5, Гродненская – 5, Минская – 5, Могилевская – 5). Дилерскими центрами заключены договора на гарантийное и послегарантийное обслуживание доильных залов, выпускаемых ОАО «Гомельагрокомплект», ОАО «Завод Промбурвод» и зарубежной фирмы «Вестфалия». Всего в Республике Беларусь эксплуатируется более 1700 комплектов современного доильного оборудования отечественного и импортного производства.

Таким образом за небольшой промежуток времени в республике создана достаточно развитая сеть дилерских технических центров, позволившая значительно повысить готовность сельскохозяйственной техники, путем предоставления сельскохозяйственным производителям широкий перечень услуг технического сервиса.

Программой развития технического сервиса предусматривается расширить сеть дилерских технических центров, исходя из расчета обслуживания одним таким центром хозяйств, расположенных не более чем в трех административных районах.

Как показывает практика, создание технических центров в каждом районе республики требует значительных инвестиций, что для небольших по количеству обслуживаемых парков высокопроизводительной техники (мощных тракторов «Беларус» класса 4–5 тонн, зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов ПО «Гомсельмаш», автомобилей ОАО «МАЗ», техники производства ОАО «Бобруйскагромаш» и ОАО «Амкор» др.) экономически нецелесообразно. Это связано с необходимостью оснащения их сложным технологическим оборудованием и невозможностью обеспечением его эффективной загрузки. Кроме того, в небольших по мощности технических центрах достаточно

сложно использовать в полной мере квалифицированных специалистов-ремонтников и создать требуемый уровень материальных запасов.

Создание многоцелевых технических центров не исключает наличие ремонтно-обслуживающей базы в каждом административном районе (филиалы дилерских технических центров, специализированные цехи и участки по ремонту агрегатов и узлов и т.п.) и в хозяйствах (ПТО, ЦРМ), которые должны работать в тесной связи друг с другом.

Анализ характера работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту вскрывает тяготение к централизации одной ее части и обуславливает создание и развитие ремонтно-обслуживающей базы на разных уровнях.

На дилерских технических центрах целесообразно выполнять работы по предпродажной подготовке, гарантийному и послегарантийному техническому обслуживанию и ремонту машин. При этом на основании проведенных ранее исследований установлена эффективность централизации работ с выполнением сложных видов технического обслуживания (для тракторов – ТО-3, автомобилей – ТО-2) и текущего ремонта, связанного с применением дорогостоящего диагностического оборудования. Несложные виды технического обслуживания и текущих ремонтов (устранение отказов первой и второй групп сложности) необходимо выполнять на производственной базе хозяйств, эксплуатирующих сельскохозяйственную технику.

Маркетинговые исследования спроса и предложения на услуги ремонтно-обслуживающих предприятий свидетельствуют о том, что для того чтобы потребитель сделал выбор между покупкой нового агрегата (узла) и восстановлением изношенного, он должен иметь информацию об удельных затратах средств на единицу восстановленного ресурса по сравнению с новым аналогом. При этом интерес потребителя выражается в том, чтобы затраты средств на ремонт агрегата (узла) в расчете на восстановленный ресурс в эксплуатации были меньше или равны удельному значению цены нового узла в расчете на установленный ресурс заводом-изготовителем.

Необходимо отметить, что предприятия технического сервиса являются сложными техническими системами и перейти на

рыночную концепцию у правления за короткие сроки не представляется возможным. Эта сложнейшая задача организации и управления устойчивой работой предприятия ориентирована на долгосрочную стратегию. Те предприятия, которые вовремя не успеют адаптироваться к потребности потребителей в качественных услугах, будут вытеснены с рынка конкурентами. Поэтому особое место для предприятий технического сервиса занимает технологическая подготовка производства способная быстро реагировать на изменение номенклатуры услуг технического сервиса.

Созданная в период существования СССР ремонтно-обслуживающая база имела трехуровневую структуру и в основном была ориентирована на полнокомплектный капитальный ремонт машин и их составных частей. В постсоветский период потенциальные возможности ее использования были ограничены в связи с ростом цен на запасные части, ремонтные материалы, энергоносителей, увеличением затрат на амортизацию оборудования и производственных площадей. Складывающиеся в связи с этим цены на трудоемкие и материалоемкие ремонтные работы стали непривлекательны для хозяйств-владельцев техники. По этим и другим причинам изменилась структура ремонтно-обслуживающей базы. Сократилось число ремонтных предприятий республиканского, областного и районного уровней, снизилась их нагрузка. Основной объем ремонтно-обслуживающих работ переместился в мастерские хозяйств, которые недостаточно оснащены технологическим оборудованием и оснасткой, необходимой для выполнения всех работ в соответствии с требованиями технической документации.

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 заводо-изготовителей и РО «Белагросервис» (специализированные и многофункциональные), ремонтные заводы, специализированные мастерские и цехи по ремонту машин, оборудования и их составных частей, восстановлению изношенных деталей, районные ремонтно-обслуживающие предприятия (райагросервисы), независимые дилерские сервисные предприятия);

- заводы-изготовители сельскохозяйственной техники (тракторов, комбайнов, сельскохозяйственных машин, животноводческого и птицеводческого оборудования),

- заводы-изготовители комплектующих изделий, средств технологического оснащения предприятий технического сервиса.

В Республике Беларусь ремонтно-обслуживающая база до настоящего времени сохранила трехуровневую структуру, включающую:

- ремонтно-обслуживающие подразделения и производства сельскохозяйственных организаций и предприятий, эксплуатирующих технику;

- ремонтно-обслуживающие подразделения районного уровня;

- специализированные ремонтные предприятия и дилерские технические центры заводов-изготовителей регионального и республиканского уровня.

Структура, размеры и функции объектов ремонтно-обслуживающей базы обусловлены работами, выполняемыми при обслуживании и ремонте машин. Часто повторяющиеся и технически несложные виды работ, не требующие оборудования, сложных приборов, выполняют на местах работы или хранения машин и оборудования (или вблизи от них) без вывода из эксплуатации (передвижные ремонтные мастерские, агрегаты ТО, пункты технического обслуживания).

Для выполнения технологически сложных ремонтных работ необходимо иметь предприятия более высокой оснащенности (центральные ремонтные мастерские, станции технического обслуживания, цехи по ремонту сложных машин, мастерские

общего назначения и др.) с частичным выведением машин и оборудования из эксплуатации.

Ремонтные и другие работы высокой сложности (восстановление деталей) следует выполнять на предприятиях с высокой оснащенностью производства, соответствующей специализацией рабочих и инженерно-технических работников.

Главное назначение ремонтно-обслуживающей базы – максимальное удовлетворение потребности сельского товаропроизводителя, а также предприятий перерабатывающих отраслей АПК в поддержании и восстановлении работоспособности машин и оборудования.

В перспективе организационная структура технического сервиса в АПК,

с учетом ее модернизации, должна обеспечить системное взаимодействие сельскохозяйственных товаропроизводителей с организациями республиканского, регионального и районного уровней с целью обеспечения высокого уровня работоспособности сельскохозяйственной техники.

Основными исполнителями услуг технического сервиса являются:

- ремонтно-обслуживающая база сельскохозяйственных товаропроизводителей;

- дилерская сеть (дилерские, технические центры, ремонтнообслуживающие и другие предприятия, выполняющие услуги на районном и региональном уровне);

- модернизированные на высокотехнологичном уровне, под эгидой заводов-изготовителей региональные мотороремонтные и агрегаторемонтные предприятия, цехи, участки, производства по восстановлению изношенных деталей, универсальные ремонтные центры и т.д.

Стратегия модернизации ремонтно-обслуживающей базы и развития технического сервиса в АПК должна иметь поэтапное его построение, имея конечную цель – организацию высокоэффективной системы технического сервиса по опыту развитых стран с рыночной экономикой. При этом следует акцентировать внимание на следующих основных направлениях и приоритетах.

1. Повышение работоспособности и эффективности использования имеющегося парка машин и оборудования в сельском хозяйстве, позволяющего стабильно поддерживать национальную продовольственную безопасность страны и расширять экспорт продукции.

С этой целью необходимо обеспечить:

- формирование и стимулирование развития рыночной сферы технического сервиса, в которой в соответствии с принятым законодательством запрещается продажа техники без организации ее сервисного сопровождения на базе ремонтных заводов, специализированных и мастерских общего назначения, станций технического обслуживания автомобилей, тракторов, оборудования животноводческих ферм, цехов по ремонту комбайнов одновременно по трем основным направлениям, предусматривающим фирменный сервис заводов-изготовителей, технический сервис с участием независимых дилерских компаний, а также сервис силами самого потребителя техники;

- формирование системы фирменного технического сервиса, где в качестве головного центра выступает непосредственно фирма-изготовитель. Функции регионального центра (как правило, одного на область) должны осуществлять либо заводы по ремонту машин данной марки или вновь созданные, например, на базе районных агросервисных организаций, укомплектованные необходимым оборудованием и обслуживающим персоналом. Дилерские пункты фирменного сервиса рекомендуется формировать в составе базовых обслуживающих структур районного уровня, где завод-изготовитель будет иметь свою долю акций. При этом целесообразна организация гарантийного и послегарантийного сервиса на договорной основе между производителями машин и различными ремонтно-обслуживающими предприятиями;

- технический сервис с участием специализированных и многофункциональных дилерских центров, формирование которых рекомендуется осуществлять преимущественно на базе обслуживающих организаций районного уровня (ОАО «Райагросервис» «Межрайагросервис» и др.).

При этом следует осуществить:

- модернизацию мотороремонтных и агрегаторемонтных производств на основе внедрения передовых технологий ремонта,

обеспечивающих ресурсо- и энергосбережение, а также уровень качества отремонтированных двигателей и агрегатов не менее 80% от новых;

- приоритетное развитие цехов и участков по ремонту топливной аппаратуры, агрегатов гидросистем (гидронасосы, распределители), электрооборудования (генераторы, стартеры), коммутационных элементов;

- разработать технологии и осуществить модернизацию на промышленной основе имеющегося машинного парка с участием заводов-изготовителей и специализированных ремонтных предприятий. При этом для заводов-изготовителей совершенствование конструкций выпускаемых машин целесообразно на основе использования наиболее надежных агрегатов, узлов, других составных частей и комплектующих, в том числе производства ведущих мировых фирм. Это направление может иметь важное значение также для придания новых качеств стареющему парку машин в условиях специализированных ремонтных предприятий. Актуальным является также использование и замена отдельных быстроизнашивающихся деталей на более качественные, упрочненные;

- наращивание производств по восстановлению изношенных деталей как альтернативу расходу новых на обслуживание стареющего парка машин, а следовательно, сокращение затрат на поддержание техники. При этом инициатива должна принадлежать ремонтным предприятиям, так как их экономический интерес возрастает практически пропорционально росту стоимости запасных частей и аналогичен заинтересованности в развитии вторичного рынка машин.

- создание в каждом регионе универсальных ремонтных центров (по образцу Российской Федерации), оснащенных высокопроизводительным технологическим оборудованием и оснасткой, использующие инновационные технологии при ремонте составных частей машин, восстановлении и упрочнении деталей.

2. Лицензирование всех ремонтно-обслуживающих предприятий, сертификация выполняемых ими работ и услуг. Это обусловливается необходимостью обеспечить ответственность за качество выполняемых работ и предоставляемых услуг, что позволяет удерживать агросервисные предприятия в рамках

определенной технологической дисциплины, действующих стандартов. При этом важно постоянно и направленно информировать о результатах сертификации, случаях применения соответствующих штрафных санкций для производителей услуг без сертификата. Систематический мониторинг деятельности аттестованных предприятий, реклама сертифицированных услуг могут придать этой работе массовый характер, окажут решающее влияние на качество ремонта, обеспечение экологической и технической безопасности отремонтированных машин.

3. Эффективное использование технического потенциала на основе развития агросервисных кооперативных формирований, что способствует решению двух основных задач:

- удовлетворение платежеспособного спроса сельскохозяйственных товаропроизводителей в выполнении механизированных работ, в первую очередь в полеводстве (вспашка, заготовка кормов, уборка урожая и т.д.) и животноводстве;

- освоение и внедрение прогрессивных технологий возделывания и уборки сельскохозяйственных культур.

4. Создание рынка подержанной техники.

За рубежом в течение 20–30-летнего срока службы тракторы, комбайны и автомобили перепродаются 2–3 раза, переходя от одного собственника к другому. Одна из основных причин распространения такой тенденции в Беларуси связана с повышением цен на новые машины, значительно опережающих рост стоимости продукции растениеводства и животноводства, а также низкая платежеспособность преобладающего числа товаропроизводителей. При этом потенциальными покупателями на вторичном рынке машин являются, как правило, более слабые хозяйства.

Создание полноценного вторичного рынка техники открывает новые перспективы в оптимизации использования ресурсного потенциала эксплуатируемых машин и организации их сервиса. Появляется возможность влиять на этот процесс не только периодичностью проведения технического обслуживания и ремонта, обоснованием необходимости списания машины, ее заменой на новую аналогичную или улучшенную, но и маневром,

включающим приобретение подержанной более низкой стоимости, но с достаточным для решения конкретной хозяйственной задачи остаточным ресурсом, а также эксплуатацию высокопроизводительной, частично компенсировав затраты за счет продажи ранее использованной.

Товарный фонд вторичного рынка машин может формироваться за счет модернизации и капитального ремонта на заводах-изготовителях и ремонтных предприятиях списанной и физически изношенной техники, а также замены в экономически сильных сельскохозяйственных организациях морально устаревших машин на технику нового поколения.

5. Становление системы технического сервиса как единой и целостной интеграционной структуры.

Основные направления развития технического сервиса целесообразно рассмотреть на трех уровнях управления: на уровне хозяйств, на районном уровне (различные станции технического обслуживания, мастерские общего назначения, дилерские технические центры (пункты) и др.) и областном (республиканском) уровне (специализированные мастерские, ремонтные заводы, региональные дилерские технические центры, универсальные ремонтные центры и др.).

Технический сервис на уровне хозяйств – это, главным образом, организация эффективного использования, хранения, обслуживания и ремонта техники. Проведенные исследования показали, что в ближайшей перспективе основной объем работ по техническому обслуживанию и ремонту техники будет, как и сейчас, выполняться непосредственно на месте ее эксплуатации у потребителя силами специализированных групп ремонтников с участием механизаторов. В зависимости от производственной возможности базы сельскохозяйственных организаций они способны выполнять порядка 50–80 % от общего объема ремонтно-обслуживающих работ.

В каждом административном районе республики имеется производственно-технический потенциал, включающий в себя специализированные или общего назначения мастерские, станции технического обслуживания автомобилей, тракторов, оборудования животноводческих ферм, цехи по ремонту комбайнов, сложились

кадры высококвалифицированных специалистов. Рациональное использование этого потенциала в интересах сельских товаропроизводителей может и должно дать ощутимый положительный результат. Наличие специального оборудования и профессиональных кадров позволяет районным сервисным предприятиям осуществлять на высоком уровне такие работы, которые многие хозяйства не в состоянии выполнить самостоятельно. Более того, они по своему положению могут играть роль ключевого звена во всей системе технического сервиса в АПК, при этом возлагая на себя следующие выявленные нами основные функции:

- изучение спроса и реклама новой техники, обучение механизаторов правильной эксплуатации машин, повышение их квалификации;

- обеспечение хозяйств всеми средствами механизации, запасными частями и ремонтно-эксплуатационными материалами; организация диагностирования, досборка и доставка машин в хозяйство, наладка и пуск в работу сложных машин и оборудования;

- выполнение работ, связанных с применением специальной техники и оборудования (улучшение лугов и пастбищ, заготовка торфа, транспортные услуги, разделка и вывоз металлолома, изготовление и монтаж металлоконструкций и т.д.);

- организация пунктов проката специальной сельскохозяйственной техники (дорогостоящей, кратковременного использования);

- покупка у хозяйств старой, изношенной техники, разборка, дефектация,

- ремонт и последующая свободная продажа с гарантией по договорным ценам

- деталей, узлов, агрегатов или полнокомплектных машин любым покупателям;

- изготовление нестандартного оборудования, металлоконструкций и средств малой механизации;

- производство товаров народного потребления и оказание услуг населению, включая ремонт легковых автомобилей, малогабаритной и другой техники, находящейся в крестьянских хозяйствах и личном пользовании граждан;

- техническое обслуживание и текущий ремонт наиболее сложной техники (например, ТО-3 и сложный текущий ремонт для тракторов «Беларус-2522/2822/3022/3522» и др.), обслуживание и ремонт электронного оборудования, гидравлических устройств высокого давления, автомобилей, оборудования животноводческих ферм с помощью передвижных средств;

- ремонт наиболее сложной техники, узлов и агрегатов по заказу хозяйств как собственными силами, так и путем доставки их на специализированные ремонтные предприятия с выдачей заказчику готовых изделий из обменного фонда.

Районные сервисные предприятия в зависимости от производственных возможностей могут предоставлять услуги в размере 10–30 % общих объемов по выполнению наиболее сложных ремонтно-обслуживающих работ.

На современном этапе целесообразно расширение сферы деятельности ремонтных предприятий регионального (республиканского) уровня. Специализированные ремонтные заводы и мастерские также могут осуществлять посреднические функции по ремонту отдельных машин, их узлов и агрегатов между потребителями и изготовителями техники.

Основой научно-технического прогресса в сфере централизованного ремонта агрегатов и машин должно являться повышение качества выполняемых работ на базе интенсификации производства и внедрения новых технологических процессов; развитие прямых производственных связей с заводами-изготовителями техники; создание совместных фирменных ремонтных предприятий; применение современного металлообрабатывающего и контрольно-испытательного оборудования; всемерное развитие методов и средств восстановления деталей с использованием упрочняющих технологий, плазменной и лазерной техники и др.

Специализированные ремонтные предприятия должны обеспечить выполнение ремонтных работ высокой технологической сложности в размере 10–20 % общих объемов по всей системе технического сервиса.

Для защиты интересов товаропроизводителей должна быть создана независимая система оценки (сертификации) качества технического сервиса, финансируемая органами государственного

управления или межхозяйственными ассоциациями потребителей услуг.

Основной функцией инженерных служб специализированных ремонтных предприятий должно являться высокое качество отремонтированной продукции, обеспечивающей безотказность и ресурс на уровне новой, снижение себестоимости ремонтных работ до нормативных значений.

**Заключение.** Таким образом, основой дальнейшего совершенствования организации системы технического сервиса на современном этапе развития сельскохозяйственного производства является:

- обязательное участие заводов-изготовителей в выполнении всего комплекса работ технического сервиса для полного и своевременного удовлетворения потребностей товаропроизводителей во всех отраслях АПК;

- оптимизация размещения сети предприятий и производств технического сервиса с целью исключения монополизма в этой сфере;

- совершенствование организационных форм и технологий ремонта и технического обслуживания машин в связи с обеспечением их надежной и эффективной работы; формирование прокатных пунктов, использование положительного опыта машинно-технологических станций по выполнению сельскохозяйственных работ;

- создание разнообразным товаропроизводителям в сельском хозяйстве свободного выбора исполнителей ремонтно-обслуживающих работ за счет развития рынка услуг, конкуренции в деятельности ремонтно-обслуживающих предприятий и производств всех уровней;

- приведение в соответствие со спросом на услуги структуры действующих мощностей ремонтно-обслуживающей базы АПК, включая изготовление новых средств и деталей, внедрение достижений научно-технического прогресса с учетом технической, экономической и социальной политики в новых условиях хозяйствования;

- оказание услуг потребителям средств механизации с целью продления срока службы машин, приобретения их у пользователей

после срока эксплуатации, восстановления и реализации на вторичном рынке по льготным ценам с гарантией;

- своевременное обеспечение потребителей запасными частями, восстановленными узлами и агрегатами;

- углубление кооперации между ремонтно-обслуживающими предприятиями и заводами-изготовителями машин; развитие новых организационных форм оказания услуг (межхозяйственных ассоциаций по производственно-техническому обслуживанию, региональных технических центров); применение дилерской модели в предоставлении услуг потребителям и др.

Одной из важных проблем развития системы технического сервиса в АПК является включение в поле его деятельности информационных и консультационных услуг, а также услуг по подготовке кадров, мониторингу потребностей и запросов потребителей.

Стратегия модернизации ремонтно-обслуживающей базы и развития технического сервиса в АПК должна иметь поэтапное его построение, имея конечную цель – организацию высокоэффективной системы технического сервиса по опыту развитых стран с рыночной экономикой. Совершенствование организационных форм и экономических взаимоотношений организаций технического сервиса с потребителями услуг, должно быть направлено на взаимную заинтересованность, обеспечение материальной и правовой ответственности за выполнение услуг в гарантийный и послегарантийный периоды эксплуатации машин и оборудования. Это позволит сократить удельные затраты на техническое обслуживание и ремонт на 35–40%, увеличить технический ресурс агрегатов и узлов машин на 15–20%, довести уровень технической готовности парка машин до 96–98%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. О компании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://web.belagroservice.by/o-kompanii/> . – Дата доступа: 25.05.2023.

## МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ И ПОСЕВНЫХ МАШИН

Бакач Н.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Карпович С.К.<sup>2</sup>, к.э.н., доцент

<sup>1</sup>*РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

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

**Введение.** Сельское хозяйство – важнейшая сфера экономики любой страны, которое представляет собой комплекс отраслей, связанных с разработкой растительных и животных ресурсов и отличается разнообразием хозяйственных типов, формирующихся в результате воздействия природно-климатических и экономических факторов.

При этом одним из инструментов управления хозяйством, чтобы максимизировать производство и прибыль, является механизация процессов сельскохозяйственного производства, где интеллектуальная основа формирования технической политики в системе сельского хозяйства возложена на агроинженерную науку.

Мировое развитие сельскохозяйственной техники в настоящее время определяется рядом устойчивых тенденций, преобладающее значение из которых имеет разработка и освоение производства энергосредств с комплексами сельскохозяйственных машин и оборудования V и VI технологических укладов, позволяющих выполнять несколько технологических операций, имеющих высокие показатели качества конструкции и степени автоматизации рабочих процессов. Данные подходы касаются всех без исключения типов машин, начиная с техники для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур и заканчивая оборудованием для хранения и переработки продукции.

В данной статье представлен обзор самых инновационных достижений в области инженерии почвообрабатывающих и посевных машин, которые признаны и удостоены награды Американским обществом сельскохозяйственных и биологических инженеров (ASABE) за последние три года (2020–2023 годы) [1].

*Справочно.* Уже в течение 33 лет каждый год международная группа отраслевых экспертов в области технологий, дизайна и разработки продуктов собирается, чтобы оценить заявки и выбрать до 50 самых инновационных достижений в области инженерии в области сельского хозяйства, пищевых продуктов и биологических систем. Чтобы иметь право на получение награды, каждая разработка - которая может быть компонентом, машиной, структурой, системой, конечным продуктом или процедурой - должна воплощать применение новой технологии или инновационное применение старой технологии. Технология должна быть новой для всей отрасли, а не для отдельной компании.

**Основная часть.** В 2020 году наградой в области почвообработки отмечен культиватор Interceptor 8050 фирмы «*Kuhn Krause Inc.*» (США) (рисунки 1), в котором применена высокоскоростная почвообрабатывающая система, включающая два ряда независимо устанавливаемых на расстоянии 23 см друг от друга 32-канавчатых дисков *Excalibur® CT* диаметром 56 см с небольшой вогнутостью, сконфигурированных по принципу тандема и смещения и установленных на отдельных угловых опорных рычагах. За первым рядом дисков *Excalibur® CT*, для отвода с передних дисков и осадения растительных остатков и почвы установлен одиночный ряд зубьев диаметром 1,6 см, длиной 76,2 см с расстоянием между ними 30,5 см и оснащенных системой регулировки угла их установки. За вторым рядом дисков установлены под углом 6 градусов трекеры *Star Wheel™*, которые выравнивают семенное ложе и измельчают комья, одновременно перемешивая и заделывая остатки в рыхлую почву. Завершающим рядом рабочих органов, в зависимости от обрабатываемого типа почв, могут устанавливаться планчатые или трубчатые катки, или просто гребенки [2].

Отличительной особенностью культиватора является тандемная конструкция установки дисков *Excalibur® CT*, которая способствует более равномерному распределению почвы и остатков по сравнению с конструкциями “смещенных дисков”, которые могут перемещать остатки и почву в одном направлении. При этом составные углы наклона дисков разработаны таким образом, чтобы обеспечить оптимальное проникновение в почву без чрезмерного давления на почву. Кроме того, постоянное гидравлическое

давление на ступицу передних опорных колес и “одноточечная” регулировка глубины позволяют навесному оборудованию поддерживать равномерное рабочее давление на различной поверхности поля, что обеспечивает стабильную и однородную обработку. В конструкции культиватора применены сферические шарнирные подшипники не требующие смазки.



Рисунок 1. – Культиватор Interceptor 8050 фирмы «Kuhn Krause Inc.» (США)

В 2023 году экспертами отмечен почвообрабатывающий агрегат HALO VRT фирмы «Salford Group» (США), как первая в отрасли конструкция для обработки почвы с регулируемой скоростью на складывающейся вперед высокоскоростной раме. Этот агрегат позволяет выбирать интенсивность обработки почвы, не выходя из кабины трактора, благодаря гидравлической регулировке.

«Salford» разработала совершенно новую почвообрабатывающую раму для моделей HALO, которая обеспечивает горизонтальный уровень работы на высоких скоростях с различными навесными орудиями и регулируемыми углами наклона дисков в диапазоне от 2° до 15°. Широкий диапазон регулировки угла наклона банджа HALO VRT позволяет с легкостью выполнять операции по подъему и опусканию [3].

Малые углы наклона ножей обеспечивают подготовку семенного ложа и вертикальную обработку почвы со скоростью до 25 км в час. Установка дисков в 15 градусов обеспечивают обработку пожнивных остатков и способны выровнять колею трактора на влажных почвах. Агрегат производится шириной захвата 6,0; 7,5; 9,0; 10,5; 12,0 метров. Все агрегаты серии HALO

построены на складывающихся вперед рамах с транспортной шириной менее 3,5 метров.

Для предпосевной обработки почвы в 2021 году был отмечен полевой культиватор КМС 2100 компании «*Kelley Mfg. Co.*» (США) (рисунок 2) шириной захвата 12,5 метров с двойным складыванием. Базовая рама с 5 балками состоит из 3-метровой центральной секции с добавленными болтовыми удлинителями секций заданной ширины. Культиватор имеет укороченную общую длину за счет изменения положения копирующих колес, зубьев и катков. Зубья за счет изгиба обеспечивают постоянную рабочую глубину (5-15 см), в т.ч. и на неровной поверхности. Транспортная ширина захвата составляет 5,4 м, а высота – 4 м. При этом обеспечивается хорошая видимость сзади из кабины трактора. Подпружиненная задняя секция может быть оснащена различными опциями в зависимости от типа почвы и желаемого состояния посевного ложа [4].



Рисунок 2. Полевой культиватор КМС 2100 компании «*Kelley Mfg. Co.*» (США)

Престижную премию Американского общества агрономов и биоинженеров получила система Rowtrac – первая в отрасли опорная управляемая гусеница, которая может двигаться в трех направлениях. Данная гусеница используется в сеялке модели 2160 Early Riser компании «*Case IH*» (США) (рисунок 3).

Сеялка выпускается в 32- и 36-рядном исполнении в четырех конфигурациях. На сеялках устанавливаются новые управляемые опорные мини-гусеницы Rowtrac или традиционные опорные колеса. Кроме того, сеялка Early Riser 2160 воплощает самые точные технологии высева и обновленные посевные секции сконструированы для стабильного выдерживания рядов на скоростях до 16 км/ч.

Особенностями управляемой гусеничной системы являются: снижение давления на почву; движение гусеницы в трех направлениях, обеспечивая лучшую маневренность и равномерную нагрузку; отличный контакт с почвой и распределение веса на неровной поверхности.



Рисунок 3. – Сеялка модели 2160 Early Riser компании «Case IH»

Сеялка оснащена двухступенчатой системой заделки семян, обеспечивая превосходный контакт семян с почвой для быстрого прорастания и равномерного роста растений [5].

Для агрегатирования сеялки требуется мощность двигателя трактора от 380 до 620 л.с., в зависимости от размера сеялки, желаемой скорости и рельефа местности.

Стоимость 36-рядной сеялки с гусеницами 2160 Early Riser стоит порядка 450 тыс. долларов США.

В 2020 году наградой была отмечена пневматическая сеялка фирмы «John Deere» серии N500C, которая объединяет в себе новейшие технологии посева, включая более легкий доступ к счетчику, увеличенный бункер и новейшие интегрированные технологии высева. Модель N500C оснащена счетчиками с электроприводом, которые обеспечивают улучшенный контроль за высевом посевного материала в четырех секциях, а также возможность регулировки нормы высева с помощью системы SectionCommand. Дополнительные весы для бункера позволяют ActiveCal выполнять калибровку высева на ходу из кабины. Блокировка RelativeFlow позволяет контролировать поток посевного материала от рядка к рядку. Система TruSet позволяет операторам устанавливать давление прижима сошника изнутри

кабины при изменении почвенных условий. Приложение SeedPlus позволяет проводить калибровку счетчиков, калибровку весов бункера и контроль веса с планшета или мобильного устройства. Сошники ProSeries позволяют повысить точность заделки семян при меньших затратах на техническое обслуживание [6].

Одновременно, для лучшего доступа к счетчику была модернизирована конструкция рамы, где бункер на сеялке N500C перемещен вверх и назад, а вентилятор перемещен в переднюю часть бункера. Также обновлен дизайн бункера и увеличен его объем, который для моделей шириной от 9,15 м до 11 м имеет объем 3523,9 л, а модели шириной 12,2 м и 12,8 м имеют объем 4228,7 л. Впервые секции счетчиков управляются электродвигателями. Каждая измерительная секция имеет свой электродвигатель привода, которые приводятся в действие от вала отбора мощности (ВОМ) или бортового гидрогенератора.

Калибровка нормы высева у сеялки в начале осуществляется стационарно для каждого счетчика при заранее заданном количестве оборотов, где мешки с семенами взвешиваются и вводятся в приложение SeedPlus или на дисплей Gen 4 для получения значения смещения счетчика (MDV). В дальнейшем, при необходимости, калибровка нормы высева осуществляется из кабины с помощью системы John Deere ActiveCal™, которая предназначена для перекалибровки в течение рабочего дня в зависимости от погодных условий. Когда механизатор активирует ActiveCal, нажав кнопку на экране, а затем начинает посев. Когда будет отмерено достаточное количество посевного материала, обычно через 3,2–4,9 га, система CommandCenter предложит оператору остановиться, когда это будет удобно. В это время вычисляются точки данных, и на экране отображается новое MDV с разницей в процентах. Оператор может принять или отклонить новый MDV. В случае принятия система автоматически калибруется в соответствии с новым MDV. В случае отклонения система продолжает работать с ранее откалиброванными числами.

В 2022 году была отмечена разработка системы Reveal™ компанией «Precision Planting» (США) (рисунком 4). Reveal™ - это устанавливаемая на раме пропашных сеялок, плавающая система удаления растительных остатков, которая обеспечивает качественный посев культур и дальнейшее их произрастание.



Рисунок 4. – Система Reveal™ компании «Precision Planting» (CША)

Система Reveal устанавливается на раму, что устраняет негативное влияние очистителей рядков, устанавливаемых на высевальные секции, на движение высевальных секций и изменение требований к прижимной силе [7].

Reveal имеет свое внутреннее копирующее колесо, которое уже движется по очищенной поверхности, что обеспечивает более точную глубину посева.

Также система Reveal имеет независимую регулировку давления и глубины очистки. Данная система устраняет попадание остатков в семенной рядок, чтобы получить стабильные всходы. Reveal позволяет установить глубину контакта чистящих пальцев с землей с помощью регулировочной рукоятки.

Отмеченная экспертами новая складная сеялка Fast Riser 6100 от компании «Case IH» произвела революцию в крупномасштабных посевных работах с максимальной точностью. Версии сеялок шириной захвата 13; 15; 17; 22,5 и 27,5 метров с количеством рядков при междурядье 45 см, соответственно, 27, 36, 40, 48 и 61 ряд обеспечивают равномерность всходов и посадки от первого до последнего ряда. Запатентованная система распределения веса на крыльях позволяет обрабатывать до 20 гектаров в час.

Технология дозаторов точного высева Vset2 обеспечивает лучший контроль семян на каждом сантиметре посева, а также оснащена устройствами для снижения износа и облегчения технического обслуживания сеялки. Требуемая мощность двигателя трактора в зависимости от ширины захвата составляет 230 - 540 л.с., обеспечивая посев при скорости 6-10 км/ч. Емкость бункера для высева семян составляет 5440 литров [8].

В 2023 году компания «Orthman Manufacturing» (США) была удостоена награды за разработку сеялки Orthman 1tRIPr® II Row Unit (рисунки 5), предназначенной для идеальной подготовки семенного ложа, точного внесения питательных веществ и оптимального кондиционирования корневой зоны за один проход и применяемой в системе полосового посева (Strip-Till).



Рисунок 5. – Агрегат Orthman 1tRIPr® II Row Unit компании « Orthman Mfg. Co.» (США)

В отличие от систем навески, которые передают тяговое усилие исключительно с помощью U-образных болтов, которые могут растягиваться, деформироваться и ломаться, сверхпрочная конструкция сквозной навески фирмы «Orthman» используется система клинового запираения, чтобы выдерживать тяжелые условия полосовой обработки почвы.

Индивидуальный контроль глубины высевающих секций позволяет агрегату 1tRIPr® II точно обрабатывать почву и вносить удобрения на требуемую глубину по всей ширине, независимо от рельефа местности.

Orthman – единственная полосная почвообрабатывающая машина в отрасли с глубинным ленточным сошником [9].

Жесткий очиститель рядков оснащен прочными 40,6 см зубчатыми дисками для удаления растительных остатков и выполняет первую обработку почвы для посевной полосы.

Плавающий очиститель рядков оснащен 33 см зубьями в виде акульих зубов с наклоном назад, которые мгновенно реагируют на изменение полевых условий и удаляют даже самые твердые растительные остатки.

Рычажный механизм помогает защитить высевающую секцию от повреждений, вызванных невидимыми в почве камнями, который автоматически поднимает устройство вверх и преодолевает препятствия, а затем автоматически его возвращает.

Сеялка Orthman 1tRIPr<sup>®</sup> разработана таким образом, чтобы корни могли легко получить доступ к источнику питательных веществ как во время прорастания, так и во время развития корней. Одно- или двухтрубная система внесения удобрений полностью регулируется независимо от глубины обработки, что позволяет точно настраивать внесение питательных веществ для различных культур и почвенных условий.

Правильная обработка полосы является ключом к идеальному семенному ложу. Роликовые каточки 1tRIPr<sup>®</sup> II имеют регулируемое прижимное усилие, помогающее разбить оставшиеся комья и обеспечить плавную работу сеялки, что, в свою очередь, помогает гарантировать лучший контроль глубины посева. Доступны пять вариантов роликов, в том числе стандартный, узкий стандартный и новый каток для создания берма идеальной формы. Для более песчаных почв, где может быть проблемой ветровая эрозия, каток с пневматическими шинами производит минимальное воздействие на почву и уплотняет легкие почвы для лучшего удержания влаги. Когда условия влажного грунта не позволяют использовать стойки для точной обработки почвы, может использоваться сошник для мелкой обработки почвы, чтобы создать хорошо подготовленное семенное ложе. Двойные 46 см вертикальные почвообрабатывающие сошники готовят семенное ложе глубиной до 16,5 см.

**Заключение.** Вместе с тем, анализируя представленные в статье новые технические решения следует отметить, что сегодня

уже нельзя просто скопировать чей-то образец техники или даже самый передовой опыт, чтобы он принес желаемый результат. Ведь порой, то, что устраивает фермерские хозяйства, не подойдет для крупных агропромышленных предприятий; и то, что идеально работает в одних климатических условиях будет совершенно бесполезно в других. Поэтому с учетом передовых технологий мирового масштаба, а также природно-климатических условий территории республики по ведению механизации сельскохозяйственного производства для реализации эффективных технологий производства и первичной переработки основных видов продукции растениеводства и животноводства на 2021-2025 годы и на период 2030 года, учеными НАН Беларуси совместно с Министерством промышленности и Министерством сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь разработана Система перспективных машин и оборудования, которая рассмотрена и одобрена Советом Министров Республики Беларусь.

Реализация данной Системы машин позволит обеспечить сельхозпроизводителей самой передовой и высокопроизводительной техникой, позволяющей снизить себестоимость производимой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.asabe.org/Awards-Competitions/AE50-Awards/AE50-Award-Winners>
2. <https://www.kuhn-usa.com/crop/tillage-tools/high-speed-compact-discs/interceptor-8050>
3. <https://salfordgroup.com/halo>
4. <https://www.kelleyymfg.com/product/2100-series-field-cultivator>
5. <https://www.caseih.com/en-us/unitedstates/products/planting-seeding/2000-series-early-riser-planter/2160-large-front-fold-trailing>
6. <https://www.deere.com/en/seedling-equipment/n500c-central-commodity-system-ccs>
7. <https://www.precisionplanting.com/products/product/reveal>
8. <https://www.caseih.com/latam/pt-br/produtos/plantadeiras/fast-riser/fast-riser-6100>
9. <https://orthman.com/agriculture/strip-tillage/1tripr-2>

## ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Крук И.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Карпович С.К.<sup>2</sup>, к.э.н., доцент,  
Юркевич С.Б.<sup>3</sup>, Анищенко А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»,*

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

<sup>3</sup>*Республиканское объединение «Белгроссервис»*

**Введение.** Применение интегрированных систем защиты растений от вредителей, болезней и сорняков, которые позволяет существенно повысить результативность возделывания сельскохозяйственных культур и улучшить экономические показатели производства растениеводческой продукции. В сельскохозяйственном производстве республики ежегодно применяется более 500 наименований средств защиты растений. В 2020 году было использовано около 11,2 тыс. тонн пестицидов на сумму 252,2 млн. долл. США, в том числе 8,0 тыс. тонн гербицидов, 0,4 тыс. тонн инсектицидов, 1,3 тыс. тонн фунгицидов, что составляет почти 86 % в денежном эквиваленте [1]. При этом величина потерь пестицидов при использовании различных технологий внесения средств защиты растений может достигать 15...50 % [2].

**Основная часть.** Рациональное и экологически безопасное применение средств химизации в растениеводстве состоит в соблюдении сроков, необходимых доз и требуемого качества внесения при полном исключении потерь. По данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь обеспеченность сельскохозяйственных предприятий республики опрыскивателями в последние годы изменялась от 75,6 до 100,6 %. При этом даже в ее пиковые значения, приходящиеся на 2009–2010 годы, при объемах проведения защитных мероприятий в течение вегетационного сезона на площади около 6870–10148 тыс. га

нагрузка на один опрыскиватель составляла 1,30–1,93 тыс. га при рекомендуемой в вегетационный период – 1,0–1,1 тыс. га (справочно: в Германии в 2010 году на 12 млн. га пашни насчитывалось 30 тыс. опрыскивателей, то есть на один опрыскиватель приходилось 400 га) [3]. Кроме того, в сезон массового проведения полевых защитных работ нагрузка на средства механизации с учетом многократности обработок увеличивается в несколько раз [4]. При использовании устаревшей техники потери вследствие неравномерности распределения препарата составляют до 15 %. При этом на объемах закупки в 40 млн. дол. США только за счет использования новых машин можно сэкономить 4–6 млн. долл. США, а при закупке от 80,0–107,2 млн. дол. США – 8–16 млн. долл. США при возможном значительном улучшении экономической и экологической ситуации. Следует отметить, что политикой технического перевооружения сельскохозяйственных предприятий предусматривается разработка и поставка высокопроизводительной техники, обеспечивающей качественное выполнение обработок в различных погодных условиях.

Рабочая ширина захвата современных навесных опрыскивателей достигает 24 м, прицепных (полунавесных) – 36, самоходных – 54 м. Использование опрыскивателей с шириной захвата штанги 18–24 м позволяет, при прочих равных условиях, увеличить производительность в сравнении с шириной захвата 12–18 на 33–50 % [2,3]. Для повышения производительности опрыскивателей используют машины с увеличенным объемом основной емкости, что позволяет сократить время на транспортировку и заправку. Для навесных опрыскивателей объем основной емкости достигает 1500 дм<sup>3</sup>, прицепных (полунавесных) – 5500, самоходных 5000 дм<sup>3</sup> [2]. Навесные опрыскиватели отличаются маневренностью и более низкой стоимостью, что положительно сказывается на показателях экономической эффективности выполнения технологических операций на малоконтурных полях. Самоходные опрыскиватели с большой заправочной емкостью и широкозахватной штангой способны обеспечить наивысшую производительность на полях с большой длиной гона. Современные прицепные опрыскиватели сохраняют достоинства самоходных машин по объему заправляемой жидкости и ширине захвата. В то же время

прицепные и навесные машины позволяют более рационально использовать энергетические средства в межсезонный период. Необходимое количество полевых штанговых опрыскивателей и их типов для сельскохозяйственного предприятия с учетом площади посевов ( $S$ , га) и наличия свободных тракторов ( $K_{тр}$ , шт.) можно определить по графической зависимости (рисунок 1).

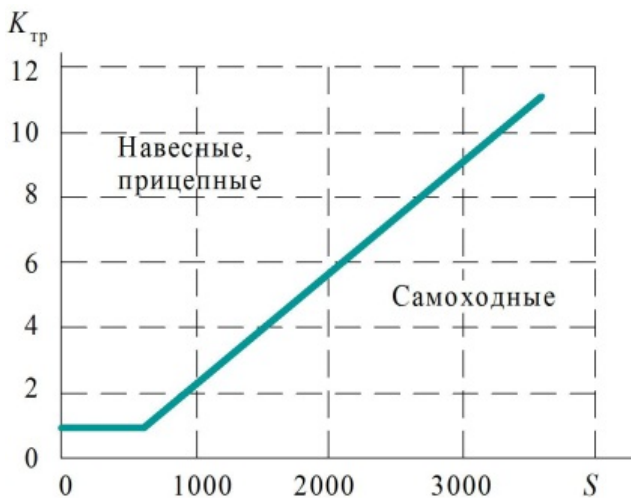


Рисунок 1. – Графическая зависимость для определения потребности сельскохозяйственного предприятия в штанговых опрыскивателях [5]

Если пересечение показателей лежит выше линии обеспеченности графика, значит выполнение работ по химической защите растений в установленные сроки обеспечат навесные или прицепные опрыскиватели, если ниже – имеется необходимость в приобретении самоходного.

Решением проблемы рационального использования опрыскивателей является не увеличение основной емкости, а эффективное использование рабочих растворов, позволяющее при условии высокого качества покрытия обрабатываемых поверхностей каплями пестицида снизить удельный их расход до 80–150 л/га. Неравномерность распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя характеризуется коэффициентом вариации. На каждый процент неравномерности распределения

рабочей жидкости приходится 0,4 % (по объему) его непроизводительного использования, то есть если опрыскиватель распределяет рабочую жидкость с коэффициентом вариации 20 %, то около 8 % раствора пестицида теряется [2, 3, 5]. Если избежать указанных потерь, можно значительно снизить дозировку пестицида на единицу площади. На рисунке 2 представлена зависимость эффективности применения пестицидов от неравномерности их внесения [2, 3].

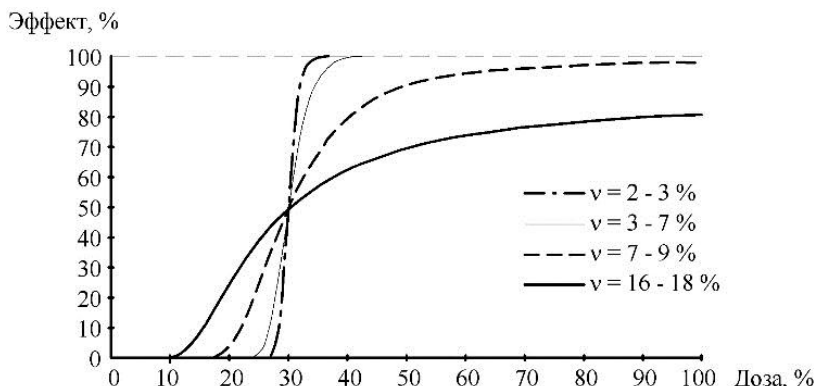


Рисунок 2. – Графические зависимости эффективности применения пестицидов при различной неравномерности их распределения

Анализ графиков показывает, что при коэффициенте вариации менее 7 % достигается 100 %-ная эффективность при снижении дозы внесения более чем в 2 раза. В случае высокой неравномерности (более 16 %) невозможно достичь приемлемой эффективности даже при полной дозе применения препарата. Приведенные данные позволяют рассматривать неравномерность распределения как один из важнейших показателей качества опрыскивания. В результате проведенных исследований малообъемного опрыскивания при обработке полевых культур штанговыми опрыскивателями внесение 60–135 л/га рабочей жидкости против общепринятых 400–600 л/га позволяет на 50–100 % повысить производительность агрегатов и в 3–5 раз уменьшить затраты на доставку жидкости [6].

Эффективность химической защиты растений может быть сведена к минимуму или быть достаточной при больших

производственных и материальных затратах и повышенном воздействии на экологию окружающей среды, вследствие использования технически неисправных или неотрегулированных технических средств. Поэтому важным элементом обеспечения качества выполнения технологических операций внесения средств защиты растений является оценка технического состояния используемых машин. Штанговые опрыскиватели должны подвергаться диагностике, профессиональным настройкам и регулировкам с использованием необходимой материально-технической базы. В некоторых странах Западной Европы каждая машина, используемая для внесения химических средств защиты растений должна периодически проходить проверку и получать допуск на ее эксплуатацию.

Для решения данных задач в республике целесообразно на базе отделений РО «Белагросервис» и предприятий сельскохозяйственного машиностроения – изготовителей опрыскивателей создать специализированные центры для диагностики и оценки технического состояния опрыскивателей, проведения необходимого их технического обслуживания и ремонта с выдачей документа, дающего право на использование машины для выполнения технологических операций внесения средств химизации в растениеводстве.

На основе результатов многолетних исследований в Белорусском государственном аграрном техническом университете при участии Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Государственного учреждения «Белорусская машиноиспытательная станция», Республиканского унитарного предприятия «Институт защиты растений» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», Белорусской государственной сельскохозяйственной академии, ООО «Ремком», ОАО «СелАгро», ОАО «Мекосан» была разработана методика оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей и технологических требований к ним [7], содержащая перечень и последовательность операций диагностики штанговых опрыскивателей и перечень используемого оборудования. На ее базе разработан проект Технического кодекса установившейся практики «Техника. Сельскохозяйственные

опрыскиватели. Основные положения и технологический процесс оценки технического состояния». Согласно нему процесс оценки технического состояния опрыскивателей можно условно разделить на две стадии: оценка состояния узлов без заправки и с заправкой основной емкости рабочей жидкостью (водой). Первая стадия может проводиться на ровной площадке, как правило, под открытым небом, вторая – под открытым небом при идеальных погодных условиях или в закрытом помещении для исключения влияния на результаты оценки факторов окружающей среды. Структурная схема процесса оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей, отражающая состав и последовательность проведения технологических операций, представлена на рисунке 3.

Завершающими стадиями являются обработка результатов проверки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей и составление протокола оценки технического состояния.

**Заключение.** Одним из важных факторов обеспечения эффективности химической защиты растений и уменьшения экономических затрат является техническая надежность и правильная работа средств механизации. В связи с этим обоснована необходимость создания в республике специализированных центров для диагностики и оценки технического состояния опрыскивателей, проведения необходимого их технического обслуживания и ремонта с выдачей документа, дающего право на использование машины для выполнения технологических операций внесения средств химизации в растениеводстве. Предложена методика и технологический процесс оценки технического состояния штанговых опрыскивателей, которые могут использоваться в дальнейшем в работе данных центров.



Рисунок 3. – Структурная схема процесса оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей

## ЛИТЕРАТУРА

1. Сорока, С.В., Якимович, Е.А. Перспективы повышения эффективности защиты растений в Республике Беларусь на 2021–2030 гг. / С.В. Сорока, Е.А. Якимович // Защита растений в условиях перехода к точному земледелию : материалы междунар. научн. конф. (г. Прилуки, 27–29 июля 2021 г.) / Нац. акад. наук Беларуси, Научн.-практ. цент НАН Беларуси по земледелию, Инст-т защиты растений. – Минск : Колорград, 2021. – С. 7–20.
2. Клочков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 228 с.
3. Направления повышения эффективности использования полевых штанговых опрыскивателей / И.С. Крук [и др.] // Агропанорама. – 2022. – № 5 (153). – С. 2–10.
4. Механизация, экологизация и экономика сферы химизации земледелия Беларуси: проблемы и пути решения / Л.Я. Степук, В.Р. Петровец // Вестник БГСХА, 2020. – № 2. – С. 198–204.
5. Клочков А. В. Снижение потерь пестицидов при опрыскивании : монография / А. В. Клочков, П. М. Новицкий, А. Е. Маркевич. – Горки : БГСХА, 2017. – 230 с.
6. Прокопенко, С.Ф. Малообъемное опрыскивание сельскохозяйственных культур / С.Ф. Прокопенко, В.В. Ченцов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 62 с.
7. Методика оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей и технологические требования ним / С. К. Карпович, Л. А. Маринич, И. С. Крук [и др.] ; под общ. ред. И. С. Крука. – Минск : БГАТУ, 2016. – 140 с.

## РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

**Карпович С.К.<sup>1</sup>, к.э.н., доцент, Бакач Н.Г.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Жилич Е.Л.<sup>2</sup>, Рогальская Ю.Н.<sup>2</sup>, Никончук В.В.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь*

*<sup>2</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

**Введение.** Разрабатываемый аппаратно-программный комплекс для роботизированной системы доения – техническое решение концепции алгоритма работы сложной системы, управление которой осуществляется, исполнением кода из определенного базового набора команд (системы команд), описанных в документации [1, 2].

**Основная часть.** Разрабатываемый аппаратно-программный комплекс состоит, соответственно, из двух основных частей:

1) аппаратная часть – устройство сбора или обработки информации, например, а также устройство для его реализации.

2) программная часть (Software) – специализированное ПО, обрабатывающее и интерпретирующее данные, собранные аппаратной частью.

При разработке аппаратной части аппаратно-программного комплекса для роботизированной системы доения выделяли следующие этапы:

Определение требований к системе: анализ аналогов, подбор компонентной базы, моделирование разработанной системы.

Выделяют несколько методов моделирования: математическое, компьютерное и макетирование.

При макетировании происходит непосредственная сборка прототипа аппаратного комплекса, что позволяет провести первоначальную оценку собранного оборудования. На данном этапе было предложено архитектурно-проектное решение для

системы позиционирования при роботизированной технологии доения, представленное на рисунке 1.

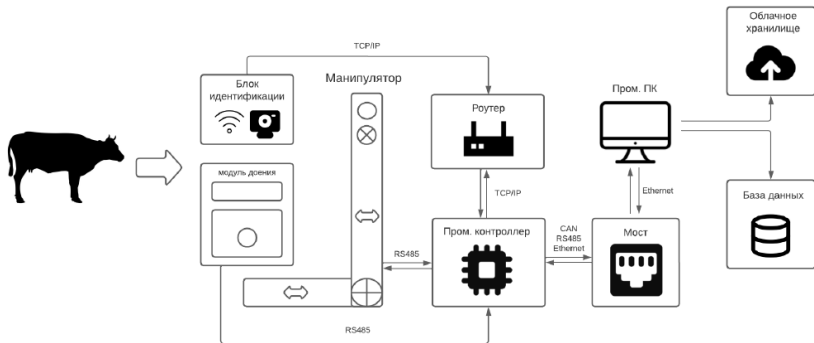


Рисунок 1. – Архитектурно-проектное решение для системы позиционирования роботизированной технологии доения

Архитектурное проектирование – это вид активности, который своей целью ставит создание архитектуры в процессе выполнения проекта. Архитектурное проектирование программного обеспечения, в своей актуальной форме, одной из своих задач ставит создание артефакта (архитектуры), который должен обеспечить достижение результатов деятельности исполнительных механизмов, использующих программные продукты для реализации своих процессов.

На базе архитектурно-проектное решение для системы позиционирования предложено несколько компоновочных решений.

Компоновочное решения использования системы позиционирования для роботизированной доильной установки «Карусель» представлено на рисунке 2.

На каждом доильном месте установлена роботизированная рука. Исполнительные органы смонтированы на манипуляторе. Централизованная система эвакуации молока.

Для роботизированной доильной установки «Параллель» рассмотрено три варианта компоновочных решений (рисунок 3).

Вариант 1. Автономный передвижной робот. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов);

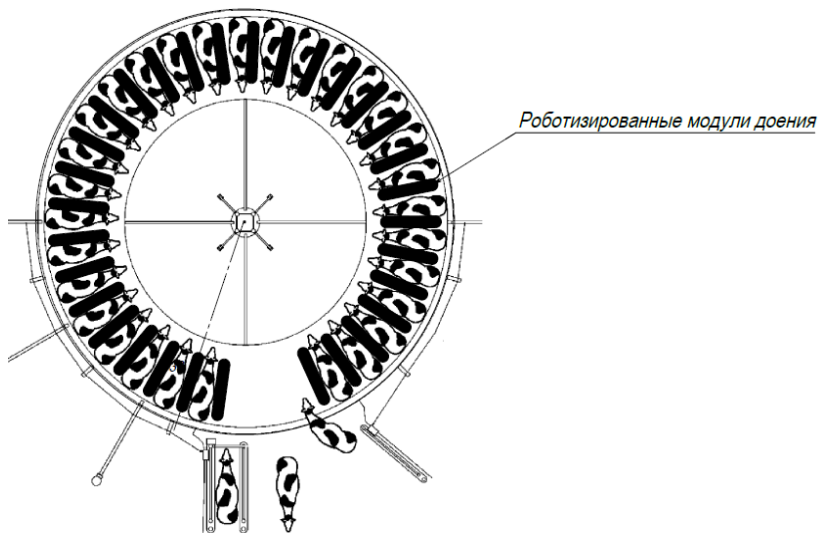
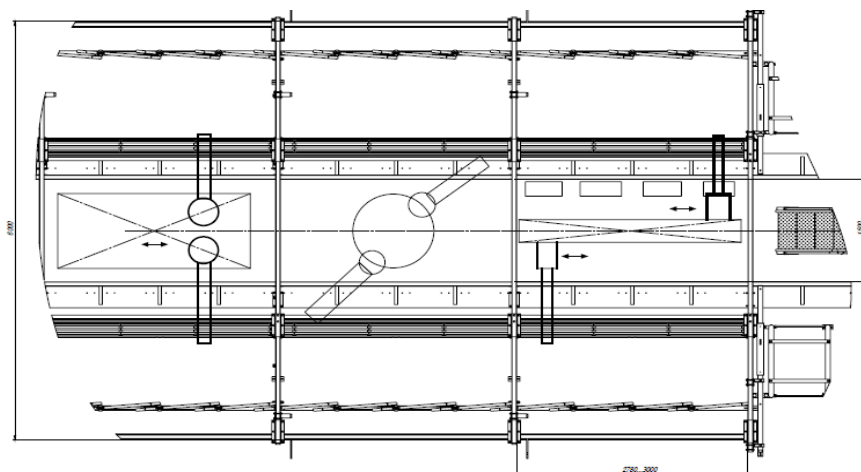


Рисунок 2. – Компонентные решения использования системы позиционирования для роботизированной доильной установки «Карусель»



Вариант 1      Вариант 2      Вариант 3  
Рисунок 3. – Компонентные решения использования системы позиционирования для роботизированной доильной установки «Параллель»

Вариант 2. Стационарный уравновешенный манипулятор с 5-ю и более степенями подвижности. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. Рабочая зона манипулятора – секция станочного оборудования. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов);

Вариант 3. Исполнительный модуль с 3-мя степенями подвижности. Подключение основных и вспомогательных рабочих органов на каждом доильном месте. Рабочая зона манипулятора – сторона секции станочного оборудования. На каждом месте установлен магазин инструментов (доение, обработка вымени, дезинфекция стаканов).

Во всех вариантах управление адаптивное.

Также были рассмотрены компоновочные решения вариантов расстановки системы позиционирования в доильном боксе (рисунок 4).

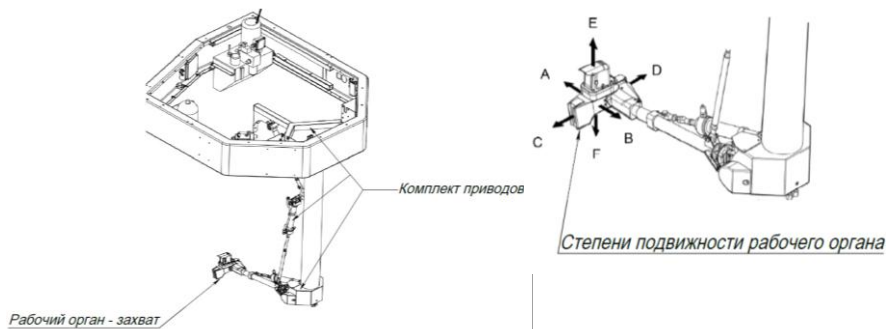


Рисунок 4. – Компоновочные решения вариантов расстановки системы позиционирования в доильном боксе

**Закключение.** При решении поставленных технических задач для разрабатываемого аппаратно-программный комплекс для роботизированной системы доения был проведен обзор и анализ уже готовых решений, даже если они не полностью удовлетворяли нашим требованиям. Данное решение позволяет сэкономить ресурсы и время на последующих этапах разработки, с учетом, уже известных проблем, с которыми столкнулись разработчики данных систем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пути совершенствования машинной технологии доения коров в Республике Беларусь / Д. И. Комлач, Е. Л. Жилич, А. А. Кувшинов, Ю. Н. Рогальская // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения М. М. Севернёва, Минск, 21–22 октября 2021 года. – Минск: Республиканское унитарное предприятие "Издательский дом "Белорусская наука", 2021. – С. 123–127.

2. Жилич, Е. Л. Применение систем идентификации и контроля физиологического состояния животных / Е. Л. Жилич, А. А. Кувшинов, Ю. Н. Рогальская // Техника и технологии в животноводстве. – 2021. – № 4(44). – С. 33–36.

УДК 637.112

### **ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННУЮ КАРТИНУ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАСТИТА ДОЙНОГО СТАДА**

**Комлач Д. И.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Жилич Е. Л.<sup>1</sup>, Колоско Д. Н.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, Рогальская Ю. Н.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»,

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»

**Введение.** Машинное доение коров – один из базовых технологических процессов в производстве молока, от уровня развития которого во многом зависит эффективность молочного скотоводства. Воздействие негативных факторов машинного доения является ведущей причиной поражений сосков вымени молочного скота, таким заболеванием как мастит.

**Основная часть.** Для выявления различных факторов, препятствующих однозначному определению заболевания коров

маститом, проводились экспериментальные исследования на базе МТК «Дворцы» СПК «Прогресс-Вертелишки» в несколько этапов:

- 1) проведение тепловизионной диагностики дойного стада;
- 2) определения погрешности постановки диагноза за счет наличия катаральной формы мастита (без повышения температуры);
- 3) определение погрешности измерения температуры поверхности кожи в зависимости от температуры окружающей среды;
- 4) корректировка диапазонов температурных интервалов при определении формы мастита.

При выполнении первого этапа тепловизионной диагностики было взято дойное стадо в количестве 735 голов. Данные по температурам поверхности тела (вымени) дойного стада МТК «Дворцы» представлены в таблице 1.

Как видно из таблицы «предположительно» здоровое поголовье составляет 92 % от общего стада. 6 % стада находятся на стадии «Субклинический мастит», при этом отмечены потери удоя в среднем 30 % при среднем снижении скорости молокоотдачи порядком на 35,5 %.

Таблица 1. – Данные температур дойного стада

Диапазон температур, °С	Кол-во	Примечание
35,6-36,3	658	Температура находится в пределах нормы
36,4-37,6 всего из них:	65	Температурный диапазон, характерный для субклинической формы мастита
36,4-36,6	23	Температура находится в пределах нормы для высокопродуктивных коров, отрицательные результаты экспресс теста на мастит
36,4-37,7	42	«Субклинический мастит», положительные экспресс тесты на мастит, отсутствие видимых признаков на вымени (цвет, форма, уплотнения, выделения), отсутствие первичных видимых признаков в молоке (цвет, инородные включения)
37,8-39,0	12	«Клинический мастит», положительные экспресс тесты на мастит, явные признаки поражений на вымени (цвет, форма, уплотнения, выделения), наличие видимых признаков в молоке (цвет, инородные включения)

На стадии «Клинический мастит» происходят потери удоя в среднем на 70 % и снижением скорости молокоотдачи на 75 %.

Также необходимо отметить, что незначительное повышение температуры находится в норме для высокопродуктивных коров.

При выполнении второго этапа произведено определение погрешности постановки диагноза за счет наличия катаральной формы мастита (без повышения температуры). Было установлено, что от общего количества «предположительно» здорового поголовья 2,7% коров с катаральным маститом, который невозможно было определить до начала процесса доения только по температурным параметрам. При визуальном осмотре коров, с катаральным маститом можно определить 2,1% от общего количества коров. Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод, что погрешность тепловизионной диагностики для данного стада составляет 2,7% без учета труда оператора машинного доения. При грамотном подходе она может быть снижена до 0,6%.

Для определения наличия соматических клеток в молоке использовали пластину для кенотестов и Reagent N – средство для определения соматических клеток в молоке. (рисунок 1).



Рисунок 1. – Определения наличия соматических клеток в молоке

Пластина применяется следующим образом: первые 2-3 струйки молока необходимо сцедить в отдельную емкость; сцедить небольшое количество молока из каждой доли в соответствующие лунки ручного теста; влить одинаковое количество диагностирующего реагента в каждую лунку тест-пластины с молоком и легкими круговыми движениями перемешать молоко и реагент для тестирования молока. Через несколько секунд в зависимости от типа препарата для диагностики можно увидеть и

распознать по цвету или образовавшимся сгусткам мастит в молоке коровы в каждой доле.

При выполнении третьего этапа тепловизионной диагностики были отмечены погрешности измерения температуры поверхности кожи в зависимости от температуры окружающей среды. Для корректировки данного параметра, при обработке тепловизионных данных, необходимо вводить температурный коэффициент, с учетом изменения коэффициента излучения при обработке термограмм.

Отклонение действительной температуры от измеренной, обусловленной изменением коэффициента излучения считают пропорциональным разности температур в точке термограммы и температуры отраженного излучения. При этом отклонение считают пропорциональным относительному отклонению коэффициента излучения и оценивают по формуле:

$$\Delta T = -(T - T_0) \frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}, \quad (1)$$

где  $T$  – значение действительной температуры тела, °С;

$T_0$  – значение температуры отраженного излучения, °С;

$\frac{\Delta \varepsilon}{\varepsilon}$  – относительное отклонение коэффициента излучения.

Коэффициент излучения ( $\varepsilon$ ) – это степень способности материала излучать инфракрасное излучение. Коэффициент излучения изменяется в зависимости от материала, свойств поверхности и температуры окружающей среды. Значение изменения коэффициента излучения для коров в зависимости от температуры (таблица 2) определяли опытным путем исходя из выражения с учетом, что  $\varepsilon$  для живых объектов в среднем равен 0,07-0,09:

$$\Delta \varepsilon = \frac{\Delta T}{(T - T_0)} \varepsilon. \quad (2)$$

При выполнении четвертого этапа тепловизионной диагностики произведена корректировка ранее установленного диапазонов

температурных интервалов при определении формы мастита. В ходе тепловизионной диагностики установлены следующие интервалы:

- в пределах 32 °С – 36,3 °С (диапазон нормальных температур);
- в пределах 36,4 °С – 37,7 °С – корова имеет статус «Субклинический мастит»;
- в диапазоне температур 37,8 °С – 39 °С корова имеет статус «Клинический мастит».

Таблица 2. – Значение изменения коэффициента излучения для коров в зависимости от температуры окружающей среды

Температура окружающей среды	10-14	15-18	19-21	22-25	26-28	29-32	33-35	36-38
$\Delta T$	-0,15	-0,1	0	0,1	0,2	0,3	0,35	0,4
$T$	36,5	36,6	36,6	36,6	36,6	36,7	36,7	36,7
$T_0$	35,6	35,9	36,1	36,1	36,2	36,3	36,3	36,4
$\epsilon$	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
$\Delta \epsilon$	-0,0013	-0,0011	0,000	0,0016	0,0040	0,0060	0,0070	0,0107

**Заключение.** У здоровых животных в норме присутствие естественных очагов более высокой местной температуры на поверхности тела. Наличие более теплых участков тела может быть связано с более интенсивным кровоснабжением, с поверхностно расположенной сосудистой сетью, а также с усиленной теплоотдачей для охлаждения организма. Поэтому термограмму обязательно следует совмещать с другими методами обследования (осмотр, пальпация, сбор анамнеза).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Шушарин, А. Г. Медицинское тепловидение – современные возможности метода / А.Г. Шушарин, В.В. Морозов, М.П. Половинка // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 4. – С. 1–18.

2. Даценко, А. В. Использование дистанционной инфракрасной термографии в экспериментальной медицине при экстремальных воздействиях (обзор) / А. В. Даценко, В. И. Казьмин // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2016. – № 12 (4). – С. 685–691.

## СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЫМЕНИ КОРОВ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЕНИЯ

Карпович С.К.<sup>1</sup>, к.э.н., доцент, Жилич Е.Л.<sup>2</sup>,  
Еднач В.Н.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент, Рогальская Ю.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь,*

<sup>2</sup>*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

<sup>3</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»*

**Введение.** Система позиционирования доильных аппаратов должна отличаться высоким качеством и включать дополнительные устройства, которые не только облегчают позиционирование доильного аппарата, но и обеспечат комфорт животного во время додаивания. Применение систем позиционирования должно снижать риск возникновения проблем с прилеганием доильного оборудования к вымени, благодаря чему возможно добиться снижения трудозатрат, а также улучшения физиологичности процесса доения.

**Основная часть.** Система позиционирования является основой роботизации процесса доения, поскольку отвечает за определение положения коровы и соответственно и самого вымени. В связи с технологическими решениями при проектировании и создании манипулятора доения производители выбирают из следующих способов позиционирования доильного аппарата на вымени, а именно [1-3]: с помощью 3D-камер, лазера, а также с помощью ультразвуковых датчиков. Необходимо отметить, что большинство производителей комбинируют несколько из вышеперечисленных устройств, облегчающих процесс позиционирования.

В робототехнике при использовании 3D-камер, являющихся основой технического зрения, также применяется технология

RGBD, которая позволяет обрабатывать 2D-изображения RGB и данные 3D-глубины с помощью датчика глубины [4].

Корейские исследователи, проанализировав существующие решения по способам получения и обработки изображений для нахождения сосков, предложили следующее: для более точного определения сосков необходимо использовать систему обнаружения, состоящую из тепловизера, TOF и RGBD камер. Это позволит игнорировать различные загрязнения вымени, наросты, обилие волосяного покрова, что существенно мешает точной идентификации [3, 4].

Еще одним вариантом технического зрения является использование стереопары. Стереопара – вид стереоизображения, представленный парой плоских перспективных изображений объекта, сделанных с помощью камер, которые получили из двух разных точек зрения, расположенных между собой на расстоянии, соответствующем межзрачковому расстоянию человека. Данное решение эффективно применяется в робототехнике при внедрении простых, но эффективных систем получения 3D-изображений.

Анализ систем технического зрения, которые применяются в доильных роботах Lely, Delaval, GEA показал, что все три системы базируются на видеозахвате изображения с помощью 3D TOF-камер. Данные о характеристиках систем технического зрения, установленных в роботах Lely, Delaval, GEA, приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики систем технического зрения, установленных в роботах Lely, Delaval, GEA

Доильный робот	Lely – Astronaut A4	DeLaval – VMS	GEA Farm Technologies – Mione
Система нахождения сосков	3D-камера + трехлучевой лазерный дальномер	3D-камера + двухлучевой лазерный дальномер	3D камера + 3D камера
Тип камеры	TOF	TOF	TOF
Марка и модель камеры	O3D 214	SR3000	SR4000
Разрешение	64×64	176×144	176×144
Скорость считывания, МГц	20	20	15 и 30
Передача цвета	нет	нет	нет
Рабочая дистанция, м	0,5–6	0,3–7,5	0,3–10

Хотя технология RGBD является более надежной, но большинство производителей используют TOF-камеры в комплексе с другими системами позиционирования.

В доильном роботе Lely – Astronaut A4, на данный момент, используется инновационная система управления манипулятором. Система состоит из 3D TOF-камеры, лазерного датчика и фотодатчика. 3D-камера установлена в верхней части робота так, что позволяет определять местоположение крестца коровы.

Алгоритмы обработки видеоизображения определяют положение крестца коровы в пространстве и фиксируют его относительно нулевой точки. Манипулятор корректирует свое местоположение относительно данных, полученных с 3D-камеры. Далее с помощью лазерного модуля, который установлен в «руке» манипулятора, определяется местоположение вымени.

В доильном роботе DeLaval – VMS система технического зрения установлена непосредственно «в руке» манипулятора. 3D-камера определяет местоположение вымени и сосков относительно манипулятора.

Доильный робот GEA Farm Technologies – Mione для определения вымени и сосков использует 3D TOF-камеру без лазерных излучателей. 3D-камера установлена в «руке» манипулятора и защищена корпусом.

Данные системы нуждаются в доработке алгоритмов, выполняющих надежное распознавание сосков. Основными недостатками текущих алгоритмов является то, что существует определенная нехватка способов получения и обработки общей перспективы изображения. Сама компания GEA признает, что могут быть проблемы с подсоединением в следующих случаях: если у коровы есть пятый сосок (лишний сосок); если два соска находятся близко друг к другу; при набухшем вымени, когда соски торчат вбок. Также помимо 3D-камер используют лазерные и ультразвуковые датчики. На сегодняшний день применение лазерных датчиков для системы позиционирования доильного аппарата, как основного способа, является нецелесообразным. Данные датчики устанавливаются только в комплексе с TOF-камерами и обеспечивают измерение расстояния от нулевой точки до коровы и ее отдельных органов с помощью лазерного

дальномера или внутренних технологий SD, встроенных в TOF-камеры. Данные датчики нашли широкое распространение в различных системах технического зрения, установленных в роботах Lely и Delaval.

Для позиционирования доильного аппарата на вымени в качестве точки отсчета служат передние соски. По окончании позиционирования робот начинает последовательно надевать доильные стаканы на соски, начиная с задних четвертей вымени. При этом подвижная тестовая плита передает движение коровы руке робота, которая повторяет движения коровы. Чем сильнее отклонение развивающегося вымени от эталона, тем меньше шанс успешного одевания доильных стаканов.

Датчики ультразвукового излучения используются для обнаружения объектов, контроля их движения и измерения расстояний до них. Работа ультразвукового датчика заключается в том, что передатчик посылает ультразвуковую волну с частотой от нескольких десятков до нескольких сотен герц, направленную к объекту позиционирования. Когда волна встречает объект, она отражается от него и возвращается, попадая в приемник. По времени, в течение которого волна преодолела путь, доильный робот определяет расстояние от объекта [4].

Большим преимуществом таких датчиков является то, что на их работу не влияют внешние условия окружающей среды. Кроме того, датчики также работают с прозрачными объектами, которые создают сильные отражения. Уникальная способность ультразвуковых устройства, заключается в том, что у них есть функция самоочистения, которой нет ни у каких других датчиков. Это связано с тем, что при передаче ультразвуковых волн, прибор сам настраивается на вибрацию (под воздействием высокочастотных звуков) и таким образом очищается от пыли и других загрязнений.

В доильных роботах ультразвуковые датчики работают в непрерывном режиме, в следствии чего звуковые волны отправляются циклически, через равные промежутки времени. При обнаружении объекта датчик передает показания на микроконтроллер. В режиме генерации одного импульса, датчик посылает один импульс и делает считывание. Некоторые датчики могут одновременно обнаруживать несколько объектов при работе

в этом режиме (при этом каждое считывание записывается в структуру данных).

**Заключение.** Основную сложность, при создании доильных роботов или роботов-манипуляторов, представляет проектирование захватывающего устройства доильных стаканов и системы позиционирования, которые должны обеспечить жесткую связь с манипулятором при подсоединении доильных стаканов и гибкую связь при доении, с целью компенсации возможных перемещений животного. Функциональность систем роботизированного доения выглядит несколько избыточной для отечественного рынка, что влечет за собой удорожание оборудования. Исходя из вышеизложенного, целесообразно обобщить опыт проектирования промышленных и специализированных роботов для доения коров с целью разработки и создания доильного робота отечественного производства.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Беляева Н. В. Эффективность применения роботизированного доения коров // Материалы нац. науч. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов СПбГАВМ. Санкт-Петербург. – 2018. – С. 29–31.
2. Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю., Подобедов П. Н., Никитин Е. А. Направления исследований в создании автоматизированных систем почетвертного доения для станочных доильных установок // Вестник Всероссийского НИИ механизации животноводства. – 2017. – № 4 (28). – С. 16–20.
3. Белоногов, А. В. Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в условиях замкнутого пространства / А. В. Белоногов. – Текст : непосредственный // Технические науки: проблемы и перспективы : материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). – Санкт-Петербург : Свое издательство. – 2016. – С. 40–42.
4. Кирсанов В. В., Павкин Д. Ю., Шилин Д. В., Рузин С. С., Юрочка С. С. Концепция, модели и схемы дифференцированного управления в роботизированном манипуляторе доения : Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – № 22(1). – С. 128–135.

## РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ФЕРРОГРАФА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОДУКТОВ ИЗНОСА В МОТОРНОМ МАСЛЕ

**Корнеева В.К., к.т.н., доцент, Капцевич В.М., д.т.н., профессор,  
Закревский И.В.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет»*

**Введение.** Проблема обеспечения надежности и долговечности является одной из основных в процессе эксплуатации сельскохозяйственной техники, важнейшим агрегатом которой является двигатель внутреннего сгорания (ДВС).

**Основная часть.** Диагностика состояния рабочих механизмов ДВС, работающих в условиях смазки, может успешно осуществляться методом аналитической феррографии (*Analytical ferrography (A-Ferr)*). Аналитическая феррография основана на осаждении частиц износа ДВС под действием высокоградиентного магнитного поля на покровном стекле (получение феррограмм) и последующем микроскопическом исследовании этих частиц на феррограмме [1, 2]. Этот метод позволяет проанализировать частицы износа, присутствующие в моторном масле, по размерам и количеству которых можно определить интенсивность изнашивания рабочих поверхностей деталей, по форме частиц – характер износа, по химическому составу частиц – конкретные изнашиваемые детали [3–5].

В настоящее время в мировой практике основными инструментами аналитической феррографии являются феррографы (рисунок 1), например, феррограф *YJF-3 Oil* (Китай) (рисунок 1, а) [6] и двойной аналитический феррограф масла *YTF-8* (Китай) (рисунок 1, б) [7]. Основным недостатком аналитической феррографии является высокая стоимость оборудования для ее осуществления: феррограф минимальной комплектности по данным [8] стоит 50 000 \$. Следует отметить, что в странах СНГ такое оборудование отсутствует.

Для проведения исследований анализа продуктов износа ДВС нами разработан и изготовлен малогабаритный аналитический феррограф (рисунок 2), позволяющий изготавливать феррограммы непосредственно в условиях предприятий АПК. Габаритные размеры феррографа – 90×120×120 мм.



а



б

Рисунок 1. – Аналитические феррографы: а – YJF-3 Oil; б – YTF-8

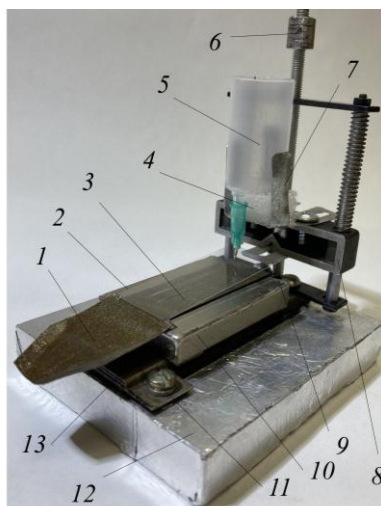


Рисунок 2. – Аналитический феррограф: 1 – пластина; 2, 10 – неодимовые магниты; 3 – покровное стекло; 4 – пенополиуретан; 5 – дозирующий шприц; 6 – регулировочный винт; 7 – держатель; 8 – подъемный механизм; 9 – рамка; 11 – болты; 12 – рабочее основание; 13 – «ядро»

Феррограф работает следующим образом. В пробу испытуемого масла добавляют растворитель (трихлорэтилен) в соотношении 1:10 (1 мл масла, 10 мл растворителя) и тщательно перемешивают. При помощи рамки 9 подъемного механизма 8 устанавливается угол наклона покровного стекла 3, равным  $5^\circ$ . Положение дозирующего шприца 5 в держателе 7 регулируют таким образом, чтобы расстояние от конца иглы до покровного стекла составляло 2–3 мм. Подготовленный раствор масла и растворителя заливают в дозирующий шприц 5. Выбранное соотношение объемов масла и растворителя, а также установленный угол наклона покровного стекла 3, обеспечивают скорость движения масла по покровному стеклу, равную 0,5 мл/мин. При движении масла частицы загрязнений задерживаются на покровном стекле 3 под действием высокоградиентного магнитного поля, создаваемого предложенной магнитной системой. После пропускания по покровному стеклу 3 всего объема исследуемого раствора, в дозирующий шприц 5 заливают 2–3 мл растворителя (трихлорэтилена), при движении которого по покровному стеклу удаляются остатки масла. Для фиксации осажденных частиц в дозирующий шприц 5 заливают 1 мл перхлорэтилена (тетрахлорэтилен) и пропускают по покровному стеклу 3. Феррограмму (покровное стекло с нанесенными и зафиксированными частицами загрязнений) снимают с феррографа, сушат на воздухе и передают на микроскопическое исследование.

Фотография феррограммы масла марки Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 150 ч, полученная с использованием микроскопа МПБ-2 (рисунок 3) представлена на рисунке 4.



Рисунок 3. – Микроскоп МПБ-2



Рисунок 4. – Феррограмма моторного масла

Анализируя полученные феррограммы в процессе работы ДВС можно проследить за изменением состояния трибосопряжений (увеличением количества продуктов износа) с учетом наработки сельскохозяйственной техники.

Для детального анализа феррограмм (оценки размеров, формы, природы и количества частиц износа) необходимо применение высокоточного оборудования (микроскопы с большим увеличением), что возможно осуществлять только в лабораторных условиях. Так, с использованием микроскопа МИ-2Т (рисунок 5) получена феррограмма масла Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 30 ч, представленная на рисунке 6.



Рисунок 5. – Инвертированный микроскоп МИ-2 Т

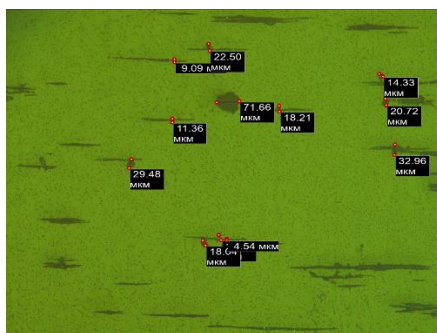


Рисунок 6. – Фрагмент феррограммы масла Лукойл Авангард 10W40 с наработкой 30 ч, 100×

Анализ полученных результатов (рисунок 6) показывает, что даже в моторном масле с небольшой наработкой содержится частицы износа двигателя с критическими размерами (более 50 мкм), что соответствует переходному режиму смазки со следами схватывания и может свидетельствовать о протекающем процессе изнашивания трибосопряжений ДВС.

**Заключение.** Разработанный феррограф, имеющий невысокую стоимость, малые массу и габаритные размеры, возможность легко разбираться/собираться и транспортироваться и не требующий подключения к электросети, может быть использован в полевых условиях АПК для получения феррограмм. Преимуществом данного устройства является то, что даже не проводя микроскопические исследования, можно визуальнo или с помощью

небольших увеличений (лупа, полевой микроскоп) качественно оценить степень загрязненности моторного масла продуктами износа трибосопряжений ДВС.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Patent US4047814. Method and apparatus for segregating particulate matter / Inventors: Vernon C. Westcott/ – № 4047814; patented Sep. 13, 1977. – 17 p.

2. Westcott, V. Ferrographic Oil and Grease Analysis as Applied to Earthmoving Machinery. SAE Technical Paper 750555, 1975, <https://doi.org/10.4271/750555>.

3. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.

4. Byrne, B. Ferrography presentation – case study / B. Byrne // Slideshare [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <https://www.slideshare.net/BrianByrne/ferrography-presentation-case-study>. – Дата доступа: 15.03.2021.

5. Маркова, Л.В. Трибодиагностика машин / Л.В. Маркова, Н.К. Мышкин. – Минск: Белорусская наука, 2005. – 251 с.

6. YJF-3 Thistle Tube Oil Analytical Ferrography / yateks® [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://yateks.com/product/oil-analytical-ferrography/>. – Date of access: 15.08.2021.

7. YTF-8 Dual Slide Analytical Ferrography / yateks® [Electronic resource]. – 2021. – Mode of access: <https://yateks.com/product/dual-slide-analytical-ferrography/>. – Date of access: 15.08.2021.

8. Белов, В.В. Экспресс-методика диагностирования износа механизмов двигателя / В.В. Белов, А.Р. Ваймер // Грузовик, 2009. – № 12. – С. 18–21.

## **ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ**

**Корнеева В.К., к.т.н., доцент, Капцевич В.М., д.т.н., профессор,  
Закревский И.В.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет»*

**Введение.** Вода в моторном масле после механических примесей является вторым наиболее разрушительным загрязнителем. Вода может присутствовать в моторном масле в следующих трех состояниях [1]: растворенная, эмульгированная и свободная.

Растворенная вода в моторном масле обычно содержится в небольшом количестве. Ее количество зависит от типа и состояния базового масла, пакета присадок, содержания загрязняющих веществ и температуры. С повышением температуры количество растворенной воды увеличивается, а с понижением – падает. Однако, с понижением температуры ниже точки конденсации, часть растворенной воды переходит в свободную или эмульгированную.

Эмульгированная вода считается наиболее опасной из-за ее большой площади контакта с маслом, а также способности переноситься маслом в трущееся пары двигателя, разрушая при этом стабильную масляную пленку. Присадки, оксиды и загрязняющие вещества могут способствовать стабильному эмульгированию воды в масле.

Свободной считается вода, которая отделяется от масла из-за невозможности в большом количестве растворяться и эмульгироваться, а также из-за различий в плотности воды и масла. В минеральном масле свободная вода будет оседать на дно поддона, а в синтетических маслах – будет перемещаться вверх и находиться в свободном подвижном состоянии.

Вода, так же, как и механические примеси, может попадать в двигатель и моторное масло различными путями: из атмосферы через уплотнения, вентиляционные отверстия, люки резервуара и

со свежим маслом; в процессе конденсации при работе двигателя; из системы охлаждения (вместе с антифризом) из-за негерметичности или износа уплотнений.

При попадании воды в масло происходит реакция гидролиза, приводящая к разрушению присадок и образованию вредных химически агрессивных соединений. Вода также действует как катализатор, способствующий окислению масла, особенно в присутствии химически активных металлов, таких как железо, медь и свинец.

Вода в свободном или эмульгированном состоянии уменьшает смазывающую способность масла, что приводит к преждевременному износу и выходу из строя подшипников, шестерен, поршней и др. деталей пар трения. Растворенная вода также может вызывать износ и отказ подшипников качения в результате водородного охрупчивания [1]. Кроме того, вода вызывает коррозию чугунных и стальных деталей.

**Основная часть.** Для определения наличия воды в моторном масле используют различные методы. Так, в предварительно высушенную пробирку из теплостойкого стекла заливают 2–3 мл тщательно перемешанного масла и нагревают на спиртовке до температуры 100–110 °С [2]. При наличии воды происходит вспенивание масла, а на стенках пробирки над поверхностью масла конденсируются капли воды.

Для определения количества воды в масле также используется метод, основанный на химическом взаимодействии его с некоторыми веществами, например, гидридом кальция. По количеству выделяющегося водорода при реакции гидрида кальция с содержащейся в масле водой делают вывод о количестве воды [3]. Определить количество воды, используя данный метод, можно также измерением количества выделившейся теплоты [4].

Сравнительно прост метод определения наличия и количества воды в масле с применением фотометрии и глицерина [3]. Глицерин поглощает воду, поэтому фотометрирование пробы масла до и после смешивания с глицерином изменяет показания фотометра.

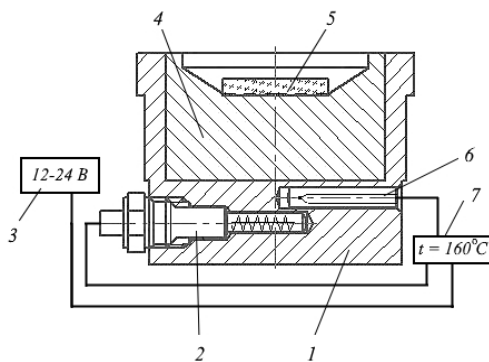
Наиболее распространенным методом обнаружения воды в масле является кулонометрическое титрование по методу Карла Фишера (*KF*) [5]. Анализатор воды в масле Карла Фишера может давать очень точные и воспроизводимые результаты, если он

выполняется опытным оператором, и является сравнительным методом для других аналитических методов определения воды. Также воду можно измерять в любом состоянии: растворенном, свободном или эмульгированном.

Для проведения экспресс-метода наличия воды и оценки ее содержания в моторном масле нами выбран метод испытания на треск, заключающийся в нанесении 1–2 капель исследуемого масла на металлическую нагретую до температуры 160 °С поверхность и анализе поведения капли органолептическим методом (зрительное и слуховое восприятие). Если нет никаких изменений в структуре капли на нагретой поверхности в течение нескольких секунд, то в масле отсутствует свободная или эмульгированная вода. В случае образования мелких пузырей (0,5 мм), которые быстро исчезают, содержание воды составляет 0,05– 0,10 %. При образовании пузырей, размер которых составляет  $\approx 2$  мм, и при перемещении к центру капли их размер увеличивается до 4 мм, содержание воды составляет 0,1–0,2 %. При содержании воды более 0,2 % образуются пузыри размером 2–3 мм, которые увеличиваются до 4 мм. Процесс образования пузырей может повториться. При большем содержании воды наблюдается сильное пузырение и треск.

Известны способы [6, 7] реализации данного метода, когда в качестве нагретой поверхности используются пластина, закрепленная на паяльнике [6], электрическая плитка с гладкой поверхностью нагрева [7] и др. Недостатками таких устройств являются: сложность регулирования температуры в требуемом диапазоне; необходимость применения пирометра за контролем температуры поверхности; невозможность применения в полевых условиях, т.к. требуется подключение в сеть 230 В; сложность восприятия звука треска на плоской поверхности.

Для контроля наличия воды в моторном масле в разработанный и изготовленный нами электротигель 1 дополнительно устанавливались специальные приспособления (рисунок 1): цилиндрическая вставка 4 с внутренней полостью в виде усеченного конуса и визуализирующее стекло в виде диска 5, располагаемое на дне полости цилиндрической вставки.



а



б

Рисунок 1. – Электротигель со специальными приспособлениями для определения наличия и количества воды в моторном масле: а – схема; б – внешний вид; 1 – электротигель; 2 – свеча накаливания; 3 – аккумулятор; 4 – цилиндрическая вставка; 5 – визуализирующее стекло; 6 – термopара; 7 – система контроля и регулирования температуры

Вставка с внутренней полостью в виде усеченного конуса работала как рупор: звуковые волны не рассеивались во все стороны, а образовывали узконаправленный пучок, за счет чего мощность звука схлопывания пузырьков водяного пара в ММ увеличивалась, и он распространялся на большее расстояние, что было зафиксировано с помощью звукозаписывающих устройств (мобильного телефона). Дополнительная установка визуализирующего стекла на дне вставки позволяла получать информацию за счет интерференции светового потока об отсутствии пузырьков, а при их наличии наблюдать за зарождением, ростом, слиянием и схлопыванием в виде, удобном для зрительного наблюдения с одновременной фиксацией фото- и видеоизображения с помощью видеокамеры.

Для контроля наличия воды в моторном масле устанавливалась система контроля и регулирования температуры на температуру  $160 \pm 5$  °С. Тщательно перемешанная проба свежего моторного масла Лукойл Авангард 10W40 наносилась в количестве одной-двух капель на визуализирующее стекло и проводилось наблюдение за их поведением на нагретой поверхности. Фиксация процесса осуществлялась при помощи видеокамеры (рисунок 2).

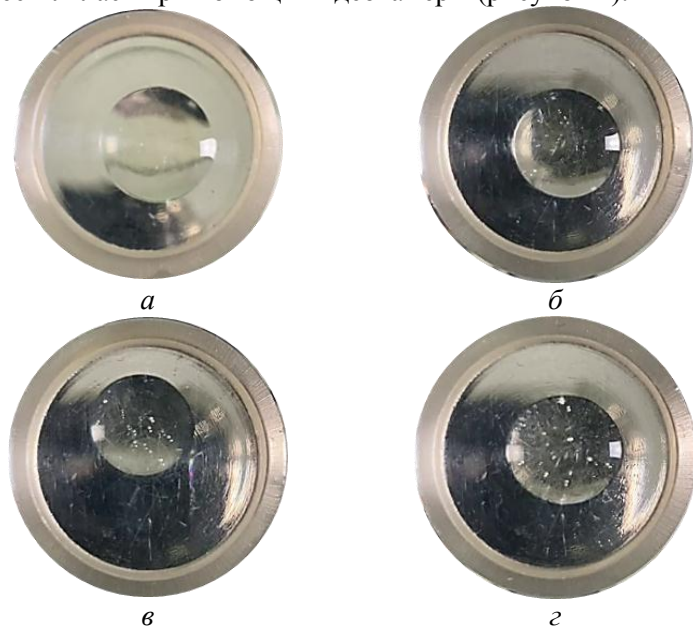


Рисунок 2. – Результаты апробации определения наличия воды в свежем моторном масле марки Лукойл Авангард 10W40 с различным количеством искусственно введенной воды: *а* – 0,0 %; *б* – 0,1 %; *в* – 0,2 %; *г* – 0,4 %

Анализ видеонаблюдения эксперимента показал отсутствие зарождения и роста паровых пузырьков в моторном масле (рисунок 2, *а*), что свидетельствовало об отсутствии в нем воды и охлаждающей жидкости. Для подтверждения работоспособности экспресс-теста нами было проведено дополнительное исследование, заключающееся в искусственном введении воды в свежее моторное масло Лукойл Авангард 10W40 в количествах 0,1 % (рисунок 2, *б*), 0,2 % (рисунок 2, *в*) и 0,4 % (рисунок 2, *г*).

**Заключение.** Анализ видеонаблюдения процесса показал, что при введении в масло воды в количестве 0,1 % происходит образование мелких пузырей размерами порядка 0,5 мм (рисунок 2, б) (на видеозаписи видно, что эти пузыри быстро исчезают), при введении воды в количестве 0,2 % происходит образование более крупных пузырей размерами порядка 2 мм (рисунок 2, в) (на видеозаписи видно, что они перемещаются к центру капли и увеличиваются в размере), при введении воды в количестве 0,4 % происходит образование пузырей размером до 3 мм (рисунок 2, г) (на видеозаписи видно, что они увеличиваются в размере, процесс образования пузырей повторяется, происходит выплеск масла на стенки конической вставки, а аудиозапись фиксирует треск).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Fitch, J. Oil analysis basics / J. Fitch, D. Troyer. 2 Ed. – Tulsa: Noria Corporation, 2010. – 198 p.

2. Зорин, В.А. Основы работоспособности технических систем: учебник для вузов / В.А. Зорин – Москва: ООО «Магистр-Пресс», 2005. – 536 с.

3. Ковальский, Б.И. Методология контроля и диагностики смазочных материалов, как элементов систем приводов многокомпонентных машин: дисс. ... д-ра техн. наук : 05.02.02 / Б.И. Ковальский. – Красноярск, 2005. – 417 л.

4. Лопатко, О.П. Методика оценки противоизносных свойств рабочих жидкостей объемных гидроприводов машин / В.Б. Лопатко, В.Б. Арсенов. – Минск: Институт проблем надежности и долговечности машин АН БССР, 1978. – 47 с.

5. Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration: ASTM D6304-20. – ASTM International, West Conshohocken, PA, 2020. – 10 p.

6. Остриков, В.В. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости: учебное пособие / В.В. Остриков [и др.]. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2008. – 304 с.

7. Fitch, J.C. The Lubrication Field Test and Inspection Guide / J.C. Fitch // Noria Corporation. – 2000. – 36 p.

## **НАНЕСЕНИЕ И ОБРАБОТКА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ**

**Акулович Л.М., д.т.н., профессор,  
Миранович А.В., к.т.н., доцент**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** Потеря работоспособности агрегатов и узлов сельскохозяйственной техники обусловлена, в большинстве случаев, процессами изнашивания поверхностей деталей [1, 2]. Изношенные поверхности большинства деталей могут быть восстановлены в условиях ремонтных предприятий применением современных технологий нанесения износостойких покрытий с использованием концентрированных потоков энергии [3]. Разнообразие условий работы сельскохозяйственных машин обусловило появление множества способов упрочнения и восстановления поверхностей изнашиваемых в узлах трения деталей. В условиях ремонтных производств выбор технологий восстановления и последующей размерной обработки поверхностей определяется простотой их реализации и условиями эксплуатации изделия. Одним из наиболее экономичных решений этой задачи является использование поверхностного модифицирования деталей трибосопряжений с последующей финишной обработкой, а также комбинированное совмещение различных энергетических воздействий. Электромагнитные потоки энергии наиболее просты в реализации и удобны в управлении, и, в этой связи, особенно перспективны при создании установок для комбинированной упрочняющей и размерной обработки.

Цель исследования – оценка влияния комбинированной упрочняющей обработки стальных поверхностей деталей машин в электромагнитном поле на интенсивность обработки и качество формируемых покрытий.

**Основная часть.** Методика экспериментальных исследований. Нанесение покрытий из ФМП на образцы из стали 45 проводили способом МЭУ на установке модели УНП-1, содержащей электромагнитную систему и сварочный источник инверторного типа модели Inverter V270T. Режимы МЭУ: величина магнитной индукции в рабочем зазоре  $B_3 = 1,0$  Тл; сила технологического тока  $I = 110$  А; величина рабочего зазора  $\delta = 1,5$  мм; скорость вращения заготовки  $V = 0,06$  м/с; подача упрочняющего порошка  $q = 2,9 \cdot 10^{-3}$  г/(с·мм<sup>2</sup>); размер частиц ФМП  $\Delta = 320$  мкм; расход рабочей жидкости  $q = 2,0 \cdot 10^{-3}$  дм<sup>3</sup>/(с·мм<sup>2</sup>). В качестве рабочей жидкости использовали 5%-й раствор эмульсола Э2 в воде. Микроструктуру покрытий исследовали на образцах (кольца 40×16×12) с применением светового микроскопа Mef-3 с диапазоном увеличения 100 – 1000 раз, фирмы «Reichert-Jung». В процессе исследования параметров качества покрытий изучалось по пять наиболее характерных участков одного образца с покрытием.

Предпочтительными являются технологии, пригодные как для упрочнения новых, так и для восстановления изношенных изделий. При этом следует учитывать возможность создания на детали такого покрытия, которое удовлетворяло бы эксплуатационным требованиям к рабочей поверхности и сохраняло бы физико-механические свойства основы. Одним из таких способов нанесения покрытий является магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ), позволяющее осуществлять поверхностное упрочнение и восстановление стальных поверхностей.

Сущность способа МЭУ (рис. 1а) состоит в том, что заготовку 1 и полюсный наконечник 3 электромагнита подключают к источнику технологического тока 5 с помощью скользящего контакта 4. В зазор из бункера-дозатора 6 подают ферромагнитный порошок (ФМП), частицы которого выстраиваются в токопроводящие «цепочки» 2 и замыкают электрическую цепь. При прохождении электрического разряда по «цепочке» частицы ФМП, находящиеся в контакте с поверхностью заготовки, оплавляются, а на месте расплавленных «цепочек» образуются точечные вкрапления расплава порошка. Поскольку ФМП подается непрерывно, то на месте расплавленных «цепочек» образуются новые, и процесс продолжается. Упрочненный слой формируется путем образования

на поверхности детали множества точечных вкраплений из расплавленного материала частиц порошка. Покрытие наносят в один слой: первоначально на поверхности формируются единичные точечные вкрапления округлой формы, затем свободные участки заполняются новыми вкраплениями. При этом сплошность покрытия и его масса увеличиваются, а толщина практически не изменяется. Физико-механические свойства упрочненного поверхностного слоя зависят от химического состава композиционных ФМП, упрочняемого металла и технологических режимов обработки.

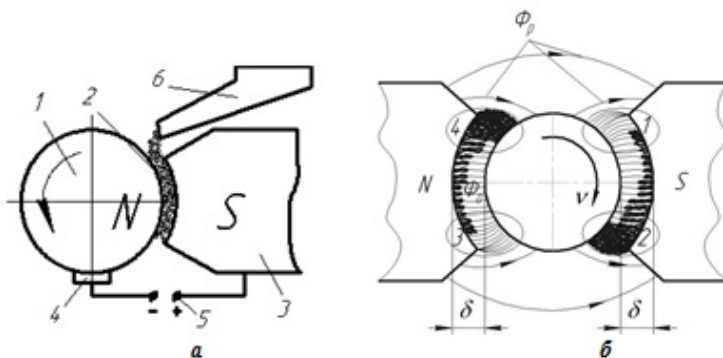


Рисунок 1. – Схемы МЭУ (а) и МАО (б) наружных цилиндрических поверхностей 1 – заготовка, 2 – токопроводящие «цепочки» из ФМП, 3 – полюсный наконечник, 4 – скользящий контакт, 5 – источник технологического тока, 6 – бункер-дозатор ФМП,  $\Phi_0$  – магнитный поток,  $\Phi_p$  – поток рассеивания,  $\delta$  – рабочие зазоры, 1-4 – зоны формирования режущего инструмента

МЭУ имеет ряд существенных достоинств: не требуется специальной подготовки поверхности перед упрочнением; отсутствует температурная деформация детали; управление технологическими режимами производится достаточно просто. Вместе с тем для процесса МЭУ свойственна неравномерность распределения по упрочняемой поверхности отдельных вкраплений материала композиционного ферромагнитного порошка (ФМП), вызванная спонтанным формированием токопроводящих цепочек из зерен ФМП и, как следствие, местом возникновения электрических разрядов. Это приводит как к снижению сплошности наносимого покрытия, так и к неэффективному использованию упрочняющего порошка.

Для повышения точности и качества обрабатываемых поверхностей деталей в настоящее время широкое развитие получил метод магнитно-абразивной обработки (МАО), кинематика которой аналогична кинематике при МЭУ (рис. 1,б).

Если через токопроводящие цепочки пропускать импульсный электрический ток, то происходит оплавление частиц ФМП в местах их контакта с поверхностью детали и перенос расплава на упрочняемую поверхность, т.е. осуществляется процесс МЭУ. При отсутствии тока происходит царапание частицами ферроабразивного порошка (ФАП) микронеровностей на поверхности детали, т.е. осуществляется процесс МАО. Принципиальное отличие этих методов обработки состоит в том, что при МАО источник технологического тока отсутствует, а ферромагнитный порошок обладает режущими свойствами. Режущим инструментом при МАО является абразивная щётка, формирующаяся из ФАП в рабочем зазоре под действием магнитного поля. Важнейшей отличительной особенностью МАО от других финишных абразивных способов обработки является возможность управлять плотностью и жесткостью режущего инструмента, изменяя величину и топографию магнитного поля в рабочем зазоре. МАО обеспечивает шероховатость поверхности  $Ra \leq 0,02$  мкм, снижение волнистости в 8-10 раз, гранности до 2 раз [4].

Проведенные исследования процесса МЭУ [2, 3] были направлены на интенсификацию нанесения покрытий управлением электрическими разрядами, изменяющими усилия прижима зерен ФМП к упрочняемой поверхности. Однако комплексное влияние параметров магнитного поля и электрической проводимости рабочего зазора между упрочняемой поверхностью и полюсным наконечником магнита на сплошность наносимого покрытия и его износостойкость не установлена. Кроме того, на износостойкость упрочненной поверхности существенное влияние оказывают геометрические параметры качества, формируемые при ее последующей обработке.

Одним из эффективных методов повышения износостойкости рабочих поверхностей деталей является комбинирование МЭУ и МАО. Эти способы обработки могут быть реализованы в едином технологическом процессе на одном оборудовании.

Структура покрытий, полученных МЭУ, характеризуется наличием трех зон: наплавленной, диффузионной и зоны термического влияния (рис. 2).

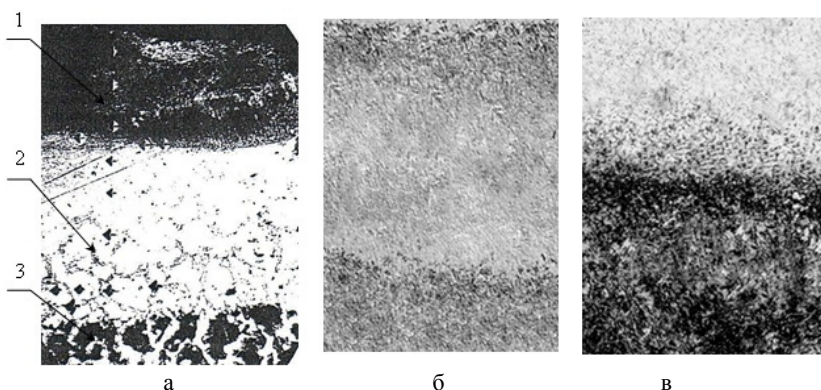


Рисунок 2. – Фотографии микроструктуры покрытий из различных ФМП после МЭУ стали 45

1 – наплавленная зона; 2 – диффузионная зона; 3 – зона термического влияния; покрытия из ФМП: а – ФБ-17 ( $\times 200$ ), б – ФБХ-6-2 ( $\times 500$ ), в – Fe-Ti ( $\times 500$ )

Покрытие представляет собой монолитный слой, полученный из множества капель расплава ФМП.

Микроструктуры нанесенных ФМП мелкодендритного строения с равномерным распределением легирующих элементов. Верхняя часть покрытия имеет равноосное ячеистое строение, а на границе с основой – столбчатое дендритно-ячеистое, которое ориентировано в направлении максимального теплоотвода, т.е. перпендикулярно поверхности образца. Зона термического влияния (ЗТВ) имеет структуру дислокационного мартенсита. Под ЗТВ находится зона неполной закалки, структура которой представляет феррит и отдельные участки перлита, превратившегося в троосто-мартенсит.

Технологический маршрут комбинированного процесса нанесения покрытий в электромагнитном поле на восстанавливаемые поверхности деталей: очистка и мойка деталей от загрязнений – дефектация и сортировка деталей – МЭУ совмещенное с поверхностным пластическим деформированием (ППД) или шлифованием – МАО.

Наибольший эффект получен при совмещении МЭУ с ППД. При этом происходит дополнительно термомеханическое упрочнение. На упрочняемую поверхность одновременно воздействуют электромагнитные и термдеформационные потоки энергии. Для разогрева поверхностного слоя используется технологическое тепло электрических разрядов. При таком комбинированном воздействии происходит формирование покрытия, нагрев образовавшихся неровностей, их деформирование и сглаживание. Происходящие структурные и фазовые превращения определяют физико-механические свойства покрытий. Шероховатость поверхности уменьшается до  $Ra$  (1,25÷0,63) мкм (рис. 3).

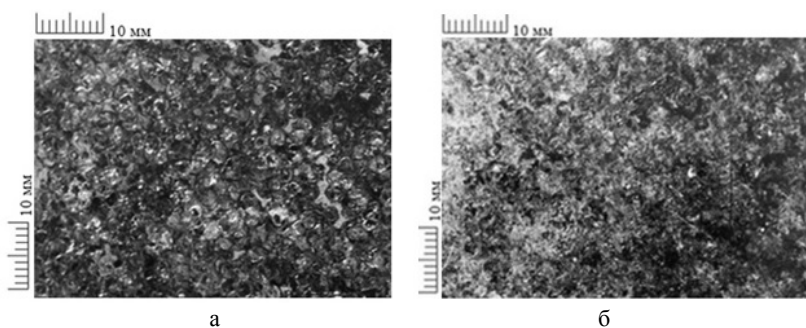


Рисунок 3. – Фотографии поверхностей: *а* – после МЭУ, *б* – МЭУ с ППД  
После последующей МАО шероховатость поверхности уменьшилась и ее среднее значение составило  $Ra = 0,02$  мкм.

**Заключение.** 1. Комбинированный процесс магнитно-электрического упрочнения, поверхностного пластического деформирования и магнитно-абразивной обработки повышает производительность за счет совмещения во времени энергетических воздействий и качество поверхности наносимых покрытий.

2. При комбинированном нанесении покрытий в электромагнитном поле процесс преобразования структуры поверхностного слоя происходит в результате одновременного протекания двух и более энергетических воздействий. Установлено, что микроструктура нанесенных покрытий из композиционных

ферромагнитных порошков имеет мелкодендритное строение с равномерным распределением легирующих элементов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиванов, В.И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В.И. Черноиванов, И.Г. Голубев. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.
2. Горохова, М.Н. Повышение эффективности комбинированного способа восстановления деталей ферромагнитными порошками : автореф. дис. ... док. техн. наук / М.Н. Горохова ; ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии. – М., 2013. – 32 с.
3. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.
4. Акулович, Л. М. Магнитно-абразивная обработка сложнопрофильных поверхностей деталей сельскохозяйственных машин / Л. М. Акулович, Л.Е. Сергеев – Минск : БГАТУ, 2019. – 272 с.

УДК 621.923

## МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ШАРОВЫХ ПАЛЬЦЕВ ШАРНИРОВ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Акулович Л.М., д.т.н., профессор; Сергеев Л.Е., к.т.н., доцент**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** В настоящее время для финишной обработки сложнопрофильных поверхностей тел вращения требуется создание дорогостоящих специальных абразивных инструментов, у которых профиль режущей кромки должен геометрически или программно отражать топологию обрабатываемой поверхности. При обработке таким инструментом поверхностей с переменной кривизной изменяются значения фактических углов резания, поскольку давление инструмента и скорость резания на различных участках контура деталей имеют разные значения. В результате на

отдельных участках обрабатываемых поверхностей возникают погрешности формы и разброс параметров шероховатости, что приводит к неоднородности показателей качества и требует дополнительных доводочных операций, выполняемых, как правило, вручную.

**Основная часть.** Альтернативным вариантом финишной обработки сложнопрофильных поверхностей тел вращения могут быть технологии с использованием концентрированных потоков энергии, одной из которых является магнитно-абразивная обработка (МАО) [1]. За последние десятилетия в машиностроении одним из основных критериев рентабельности любого производства является постоянное обновление производимого модельного ряда выпускаемой продукции (автомобилей, станков, тракторов и др.). Подобная номенклатура современного мирового рынка формирует способность оперативно реагировать на изменение условий мировой экономики и перестраиваться на выпуск более современной и эффективной продукции. К такой продукции относятся детали с наружными неполными сферическими поверхностями, например, шаровые пальцы рулевого управления, шарниры подвески и т.п. Объем рынка производства шаровых пальцев представлен на основе выпуска грузовых автомобилей МАЗ (Беларусь), который за 2020 г. составил 11460 штук, согласно данным журнала «Autoversity». Однако сложность расчета электромагнитного поля (ЭМП) для МАО сложнопрофильных поверхностей обусловлена нестационарностью градиента магнитной индукции в рабочей зоне, вызванной изменением геометрической формы обрабатываемых поверхностей в пространстве и во времени. Существует ряд работ [2, 3], в которых представлены исследования параметров и источники МАО, однако решение задачи производится графическим способом, который не учитывает реального неоднородного намагничивания вещества и объектов. Поэтому эта информация пригодна лишь для анализа конкретного устройства и обычно не поддается обобщению. Такой подход не удовлетворяет требованиям современного производства и затрудняет процесс конструирования нового оборудования. Поэтому исследование топографии поля и распределение магнитной индукции необходимо для правильного выбора конструкции и размеров электромагнитной системы (ЭМС).

Для оптимизации зазоров при МАО в широком диапазоне диаметров, минимизации массогабаритных размеров, оценки эффективности разрабатываемых ЭМС проведено компьютерное моделирование, которое объясняется необходимостью сокращения сроков их разработки, в том числе наличием эффективных алгоритмов и программ компьютерного моделирования магнитных полей. Оно состоит в численном решении системы уравнений Максвелла при заданных граничных условиях, для которого широко используется программная среда Femm [4]. Исследование однородности магнитного потока проводили для следующих форм полюсных наконечников: плоский, эквидистантный и встречно направленный асимметрично серповидный (далее серповидный). При анализе ЭМП методом конечных элементов можно получить приемлемые результаты, используя ограниченный объем вычислительных ресурсов. Поэтому постановка задачи, выбор граничных условий и построение сетки конечных элементов с оптимизированным количеством узлов и размером ячеек является важным и сложным этапом моделирования ЭМП. Распределение магнитного поля ЭМС в виде двумерной модели, развернутой в пространстве, представлено на рисунке. В области плоского зазора наибольшая концентрация линий магнитной индукции достигается в его средней части между поверхностью разрыва магнитопровода и максимальным диаметром неполной сферы исследуемого образца (0,74 Тл). На верхней и нижней границе рабочего зазора величина магнитной индукции у поверхности разрыва магнитопровода составляет величину 0,16 ÷ 0,18 Тл. В пространстве вне рабочего зазора происходит выпучивание магнитного потока, заключающееся в вытеснении магнитного потока из рабочего зазора и образование флюкуляции, величина которой равна 0,13 Тл, что достигает порядка 15 % от общей величины магнитного потока, рисунок, а). В эквидистантном зазоре наблюдается достаточно равномерное распределение магнитного поля по радиусу сферы и низкий уровень образования флюкул за границами рабочего зазора, рисунок 1, б).

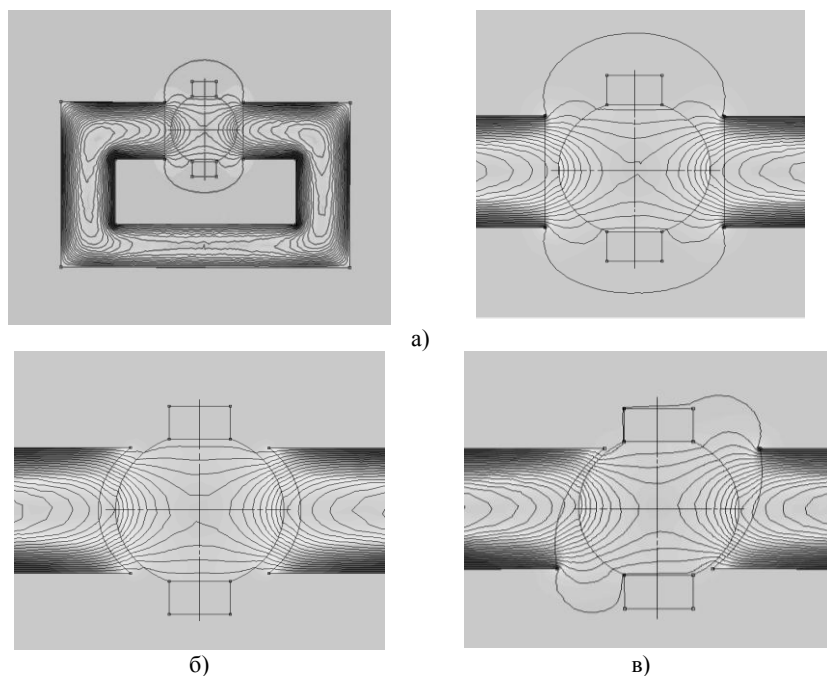


Рисунок 1. –Топография МП в рабочем зазоре для наружных сферических поверхностей

а) плоский; б) эквидистантный; в) серповидный

При малых зазорах наблюдается концентрация магнитного поля, что приводит к уплотнению зерен ферроабразивного порошка (ФАП) и невозможности их переориентации. Увеличение давления на подобных локальных участках является причиной разрушения зерен ФАП ввиду непрочности соединения частиц железной матрицы и абразивной составляющей. Распределение магнитной индукции на поверхности объекта при различных зазорах от 0,5 до 5 мм составляет значения от 0,69 до 0,071 Тл. Преодоление указанных ограничений заключается в уменьшении локального межполюсного расстояния при использовании встречно направленных асимметрично серповидных наконечников на полюсах электромагнита, рисунок, в). Величина магнитной индукции на сферической поверхности объекта на верхней границе рабочего зазора составляет величину 0,57 Тл, на нижней – 0,83 Тл, в средней части – 0,72 Тл. При величине рабочего зазора  $\delta = 1$  мм

происходит наиболее равномерное распределение магнитного поля в рабочей зоне (от 0,83 до 0,33 Тл). При увеличении зазора до 5 мм осуществляется плавное уменьшение магнитной индукции при удалении от центра ЭМС (от 0,83 до 0,25 Тл). При равных геометрических размерах обрабатываемого изделия значение магнитной индукции в межполюсном пространстве превышает 0,9 Тл, а на высоте 4 мм величина магнитной индукции изменяется в пределах  $0,3 \div 0,22$  Тл, что значительно превышает индукцию вблизи поверхности плоского зазора ЭМС (0,13 до 0,03 Тл). В пространстве вне рабочего зазора происходит выпучивание магнитного потока, заключающееся в его вытеснении из рабочего зазора и образование флюкуляции, величина которой равна 0,07 Тл, что составляет порядка 7 % от общей величины магнитного потока. Комплекс движений детали создает условия для увеличения давления ФАП на обрабатываемую поверхность, обеспечивая рост производительности и равномерность съема металла.

**Заключение.** Параметры и режимы МАО шаровых пальцев шарниров рулевого управления: скорость резания,  $V_p = 1,5 \div 2,5$  м/с; скорость осцилляции,  $V_o = 0,15 \div 0,25$  м/с; амплитуда осцилляции,  $A = 2,5$  мм; величина рабочего зазора,  $\delta = 1$  мм; магнитная индукция,  $B = 1,1$  Тл; коэффициент заполнения рабочего зазора,  $K_z = 1$ ; время обработки,  $t = 60$  с. ФАП – Р6М5, СОТС – патент РБ № 23142, 3 %-й водный раствор. Осуществлена магнитно-абразивная обработка образцов шаровых пальцев рулевого управления. При этом достигнута шероховатость поверхности  $R_{a2} = 0,6 \div 0,8$  мкм при исходной  $R_{a1} = 1,8 \div 2,2$  мкм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акулович, Л.М. Технология и оборудование магнитно-абразивной обработки металлических поверхностей различного профиля / Л. М. Акулович, Л. Е. Сергеев. – Минск: БГАТУ. – 2013. – 372 с.

2. Тодоров, Н. Х. Система за автоматизирано проектиране на процеси за МАО / Н. Х. Тодоров, Р. Д. Пиперкова // Докл. III Междунар. науч. – техн. сем. по технологиям финишной обработки «АМО'87», Варна, Централния машиностроителен ин – т ; редкол. Б. Г. Македонски [и др.] – Варна, 1987. – С. 82–86.

3. Сакулевич, Ф. Ю. Объемная магнитно-абразивная обработка / Ф. Ю. Сакулевич, Л. М. Кожуро. – Минск: Наука и техника, 1978. – 238 с.

4. Приступ, А. Г. Моделирование магнитных полей в программе FEMM / А. Г. Приступ, А. В. Червяков. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. – 92 с.

УДК 631.3:629.114.2

## **ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ**

**Гордеенко О.В., к.т.н., доцент; Арцименя М.В., Гринкевич М.А.**

*Учреждение образования «Белорусская государственная орденов Октябрьской революции и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»*

**Введение.** Применение новых прогрессивных технологий, основанных на использовании широкозахватных, комбинированных МТА на базе энергонасыщенных колесных тракторов, позволяет повысить производительность, снизить погектарный расход топлива, высвободить механизаторские кадры. Рациональное комплектование МТА с передним и задним навесными устройствами должны обеспечивать жёсткие требования технологий обработки почвы, посева, ухода и уборки урожая. Рост интенсивности сельскохозяйственных работ, особенно в период посевной и уборочной кампании, связан с необходимостью увеличения тяговых свойств МТА. В связи с этим важнейшее значение приобретает изучение и использование конструктивных решений, от рационального сочетания которых МТА имеет наибольший к. п. д. и наилучшие тягово-сцепные показатели.

**Основная часть.** Значительная часть сельскохозяйственных работ выполняется с помощью колесных тракторов. Для увеличения производительности и сокращения проходов по полю,

все чаще стали использоваться комбинированные агрегаты, в состав которых входят машинно-тракторные агрегаты на базе тракторов использующие задние и передние навесные устройства [1, 2, 3]. Данный способ комплектования МТА не только повышает эффективность его использования с точки зрения количества выполняемых операций, но и увеличивает тягово-сцепные свойства трактора за счет увеличения вертикальной силы давления ведущих колес на почву и перераспределения нагрузок между мостами. Способ известный и характеризуется улучшением тяговых характеристик колесных МТА за счет увеличения сцепного веса (заполнение шин водой, постановка дополнительных грузов, перенос части массы сельскохозяйственной машины или орудия на ведущие колеса трактора, использование блокировки ведущих колес и др.), однако, имеет место уплотняющее воздействие машины на почву и, как следствие, снижение урожайности сельскохозяйственных культур.

Использование гидроувеличителей сцепного веса (ГСВ) также повышает производительность машинно-тракторного агрегата и снижает буксование ведущих колес, а значит, повышается эффективность использования машинно-тракторного парка.

Как показывает анализ литературных источников, повышение тягово-сцепных свойств тракторов путем увеличения сцепного веса на ведущих колесах, позволяет значительно повысить их проходимость и производительность, снизить расход топлива.

Второй способ повышения тяговых характеристик колесных МТА предполагает совершенствование конструкции ведущего аппарата трактора при неизменном сцепном весе (накидные или каркасные почвозацепы, уширители на передних и задних колесах, полугусеничный ход, оптимальное давление воздуха в шинах в зависимости от нагрузки и почвенных условий).

Величина давления воздуха в шине влияет на площадь контакта шины с ее опорной поверхностью, деформацию грунта, глубину колеи и соответственно на сопротивление качению трактора.

Также конструкция ведущего аппарата трактора совершенствуется за счет применения сдвоенных задних ведущих колес трактора или применения широкопрофильных шин. При установке спаренных колес увеличивается площадь пятна контакта движителей с опорной поверхностью. За счет увеличения пятна

контакта снижается удельное давление на грунт, уменьшается глубина колеи.

С увеличением конструктивных размеров колес и применением двоярных шин улучшаются функциональные свойства движителей, однако, существенно возрастают стоимость движителя, его габариты, усложняется управляемость МТА.

Применение накидных дополнительных почвозацепов влечет за собой ряд неудобств: повреждение покрышек колеса, значительная тряска на плотной почве, забрасывание земли на трактор и орудие, увеличение сопротивления передвижению трактора, повышенное образование пыли. Однако, несмотря на недостатки, применение дополнительных почвозацепов увеличивает тягово-сцепные качества, что снижает буксование движителей трактора.

Анализ патентной базы позволяет констатировать, что проблема повышения тягово-сцепных показателей МТА остается актуальной. Например, авторы патентов [4, 5, 6] и др. предлагают использовать в дополнении к ведущему колесу закрепленный на полуоси диск, несущий равномерно по окружности направляющие для выдвигаемых грунтозацепов. Механизм выдвижения грунтозацепов в каждом патенте индивидуален, но назначение у них одинаковое – при въезде на мягкую поверхность (на поле) снизить буксование.

В настоящее время в странах дальнего зарубежья, движители МТА оборудуют аналогичными устройствами (рисунок 1).

Оборудование движителей МТА быстросъемными зацепами, в виде металлического диска, позволяет приблизить тяговые характеристики колесных машин к характеристикам движителей гусеничного типа за счет взаимодействия зацепов с более уплотненными слоями почвы подпахотного горизонта. При этом применение зацепов позволяет мобильной сельскохозяйственной технике с колесными движителями расширить диапазон ее использования.

При этом стоит отметить, что дополнительные устройства совсем незначительно увеличивают ширину трактора, что особенно важно при вспашке или движении по дорогам общего пользования.

Благодаря регулировке по направляющим зацепы можно скрыть настолько, что они не выступают за контур шин. Это позволяет использовать трактор без демонтажа оборудования для дальнейшей

работы с различными сельскохозяйственными машинами, включая транспортные работы по дорогам общего пользования.



Рисунок 1. – МТА John Deere 6195R met Stapwielen + 6 schaar Kuhn Vari Master с быстросъемными зацепами [7]

**Заключение.** Анализ тенденций развития способов для повышения тяговых характеристик колесных МТА показал, что при буксовании движителей трактора теряется мощность двигателя, увеличивается расход топлива, а также происходит разрушение структуры пахотного слоя (распыление, истирание и т. д.).

Устройства противоскольжения являются перспективными и классифицируются по форме рабочей поверхности зацепа, способу выдвижения зацепа, креплению к диску обода колеса, форме сечения стойки, способу регулирования параметров внедрения зацепов и длины стойки.

Комплектование МТА с использованием фронтальной и задней навесок, при проведении совмещенных технологических операций, с тракторами мощностью 250-350 л.с., оборудованными устройства противоскольжения являются перспективными и имеют ряд преимуществ:

- имеется возможность загрузить трактор на 90%, что позволяет эксплуатировать его в зоне рациональных значений тяговой характеристики;

- позволяет более рационально распределить силы, действующие на машинно-тракторный агрегат, обеспечивая устойчивость движения и снижения буксования;

- увеличивает число технологических операций, выполняемых за один проход.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Крук, И.С., Гордеенко, О.В., Назаров, Ф.И. и др. Дополнительные орудия для повышения эффективности основной обработки почвы оборотными плугами. // Техническое обеспечение инновационных технологий в сельском хозяйстве: Сборник науч. статей Межд. научн.-практ. конф.: Минск, 8-9 июня 2016 г./ Редкол.: Н.Н. Романюк [и др.]. - Минск: БГАТУ, 2016. – С. 118–122.

2. Шкуратов Е. С., Гордеенко О. В. Обзор и анализ машинно-тракторных агрегатов, использующих переднюю и заднюю навески для совмещения различных технологических операций // Актуальные вопросы механизации сельскохозяйственного производства: материалы научной конференции студентов и магистрантов / редкол.: В. В. Гусаров (гл. редактор) [и др.]. – Горки, 2021. – С. 110–115.

3. Гордеенко О.В. Возможности совмещения операций при возделывании корнеклубнеплодов по гребневой технологии / Гордеенко О.В., Цыганкова Е.В., Шкуратов Е.С. // Инновационные решения в технологиях и механизации сельскохозяйственного производства: сб. науч. тр. / редкол.: В. Р. Петровец (гл. ред.) [и др.]. – Горки : БГСХА, 2021. – Вып. 6. – С. 63-67.

4. Колесо с выдвигаемыми зацепами [Текст] : пат. 2176602 Рос. Федерация : МПК7 В 60 В 15/26.

5. Вспомогательный диск для повышения проходимости транспорта [Текст] : пат. 2220052 Рос. Федерация : МПК7 В 60 В 15/26.

6. Приспособление к колесам для увеличения силы сцепления с грунтом [Текст] : пат. 2504480 Рос. Федерация : МПК7 В 60 В 15/26.

7. The tractor is a JOHN DEERE 6195R with an six furrow Kuhn Vari Master L on land/ in furrow plough [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=pu0wR4Qul58> – Дата доступа 15.04.2023.

## СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ МАГНИТНО-ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ

Мисько В.Г.

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** Актуальной проблемой в машиностроительном и ремонтном производствах является улучшение качества, повышение надежности и долговечности быстроизнашивающихся деталей машин и механизмов. Сельскохозяйственные машины содержат множество деталей, работающих в условиях трения как с открытым грунтом, когда превалирует абразивный и коррозионный виды изнашивания, так и в парах сопряжений [1]. Восстановление и упрочнение изношенных поверхностей рабочих органов сельскохозяйственных машин осуществляют путем нанесения покрытий и(или) упрочняющей термической обработки [2-4].

Для нанесения покрытий используют современные электрофизические методы, которые обеспечивают высокую прочность сцепления наносимых материалов с основой, минимальную зону термического влияния и высокую производительность. К их числу относятся электроискровое легирование, лазерное упрочнение (ЛУ), магнитно-электрическое упрочнение (МЭУ) и др.

По физической сущности механизма формирования покрытия электроискровое легирование и МЭУ являются наиболее близкими способами. Их отличие состоит в том, что при МЭУ нанесение покрытий происходит путем многоэлектродного воздействия электрических разрядов [5], что повышает производительность обработки. К тому же при МЭУ импульсное магнитное поле оказывает модифицирующее воздействие на материал поверхностного слоя.

При магнитно-электрическом упрочнении (МЭУ) нанесение покрытий происходит путем многоэлектродного воздействия

электрических разрядов, что повышает производительность обработки. Упрочняемую поверхность располагают с определенным зазором относительно поверхности полюсного наконечника электромагнита, сообщают кинематическое движение, в зазор из бункера-дозатора непрерывно подают ферромагнитный порошок (ФМП). Под действием электрического разряда происходит плавление частиц ФМП в местах их контакта с поверхностью заготовки, что приводит к формированию на упрочняемой поверхности покрытия в виде множества точечных вкраплений.

Достоинствами магнитно-электрического упрочнения являются отсутствие специальной предварительной подготовки поверхности детали, незначительная зона термического влияния и высокая прочность сцепления покрытия с основным материалом.

Поверхностный слой после МЭУ обладает рядом существенных недостатков. К ним относятся:

- неравномерность распределения по упрочняемой поверхности отдельных точечных вкраплений материала ФМП, вызванная спонтанным формированием токопроводящих цепочек из зерен ФМП, что приводит к снижению сплошности наносимого покрытия и его разнотолщинности;

- высокая шероховатость поверхности ( $Ra \geq 12,5$  мкм);

- вероятность образования микротрещин в поверхностном слое, вызванная высоким градиентом температуры при действии дугового разряда.

Перечисленные дефекты покрытий ограничивают область применения МЭУ. Для устранения дефектов некоторых показателей качества покрытий, сформированных после МЭУ, были проведены исследования их последующей обработки непрерывным лазером.

Лазерные методы упрочнения основаны на использовании тепла, генерируемого световым лучом с высокой концентрацией передаваемой энергии (не менее  $10^6$  Вт/см<sup>2</sup>). При взаимодействии с материалом детали лазерный луч за короткое время ( $10^2$ - $10^3$  с) оказывает интенсивное тепловое воздействие на материал поверхностного слоя, что обуславливает его модифицирование [6-9]. Лазерная обработка покрытий, полученных МЭУ, позволяет повысить качество поверхностного слоя за счет снижения их объемной пористости и средней разнотолщинности.

Экспериментально установлено, что толщина упрочненного слоя увеличивается с уменьшением скорости передвижения лазерного луча. При увеличении интенсивности теплового воздействия лазерным лучом, превышающем определенное значение, материал детали начинает испаряться, в результате чего на нем образуется кратер (каверна), а толщина упрочненного слоя увеличивается.

Эксперименты проводили на цилиндрических образцах из стали 45 (ГОСТ 1050-88) представляющих собой кольца с наружным диаметром 40 мм, внутренним — 16 мм и высотой 12 мм. Исходные образцы подвергали нормализации и поверхность, подлежащую упрочнению, обрабатывали до параметра шероховатости  $Ra = 12,5$  мкм.

На поверхность образцов наносили покрытия из двухкомпонентных легированных порошков на основе железа Fe-5%V и Fe-Ti (ГОСТ 9849-86), а также сплава ФБХ-6-2 (ГОСТ 11546-75) на установке модели УМЭУ-1. Последующую лазерную обработку покрытий производили на CO<sub>2</sub>-лазере модели «Комета-2» мощностью 1 кВт.

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

Результаты исследований. Упрочненный поверхностный слой формируется в результате взаимодействия материалов ФМП и детали с образованием твердых растворов и взаимным диффузионным проникновением.

Микроструктура упрочненного слоя, обеспечивающая его физикомеханические параметры, определяется химическим составом ФМП и материала основы. По структурному строению в

упрочненном слое после МЭУ можно выделить три зоны: наплавленную, диффузионную и зону термического влияния (рис. 1, а).

Воздействие непрерывным лазером на поверхностный слой с покрытием после МЭУ уменьшает градиент структурной неоднородности, приводит к исчезновению микротрещин, повышает сплошность покрытия и уменьшает разнотолщинность (рис. 1, б,в).

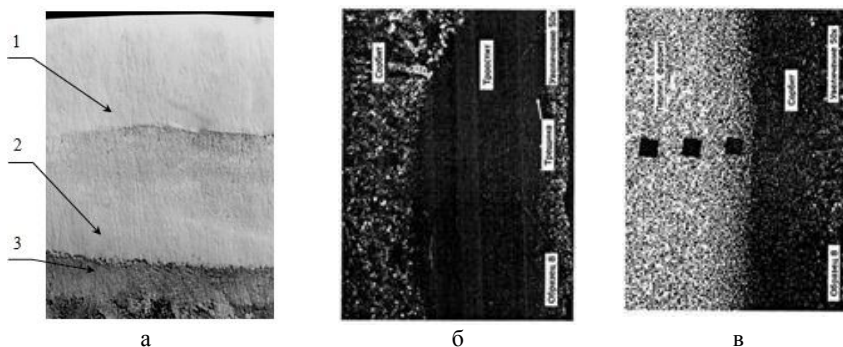


Рисунок 1. – Фотографии микроструктур покрытий после МЭУ из композиционного ферромагнитного порошка Fe-Ti  
 а - структурное строение покрытия после МЭУ; б - после МЭУ между зонами структурного строения ( $\times 50$ ); в - после МЭУ и лазерной обработки между зонами структурного строения ( $\times 50$ );  
 1 - покрытие; 2 - зона термического влияния; 3 - основной материал

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

Граница раздела имеет плавный переход, в котором на глубине до 50-90 мкм происходит полная фазовая перекристаллизация материала основы с последовательным образованием структур - однофазной (дислокационного мартенсита) и двухфазной (дислокационного мартенсита и рекристаллизованного феррита).

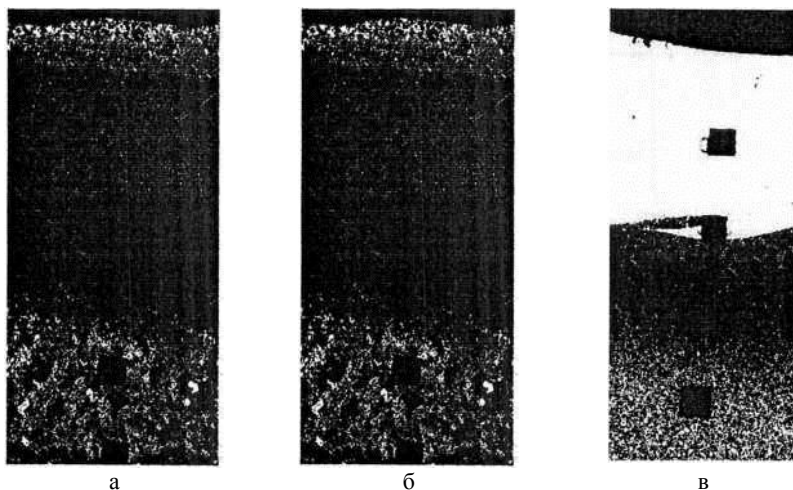


Рисунок 2. – Фотографии микроструктуры различных покрытий после МЭУ и лазерной обработки  
 а - Fe-Ti (x50); б - Fe-5% V (x50); в - ФБХ-6-2 (x50)

Покрытие из порошка Fe-5% V также характеризуется мелкодендритным строением (рис. 2, б), основу которого составляет твердый раствор ванадия в  $\alpha$ -железе. Структура наплавленного металла состоит из основы - твердого раствора ванадия в  $\alpha$ -железе, остаточного аустенита, карбидов ванадия ( $V_2C$ ,  $V_4C_{2-67}$ ) и железа ( $FeC$ ,  $FeCs$ ). Диффузионная зона имеет структуру дислокационного мартенсита.

В покрытии из ФБХ-6-2 наплавленный слой имеет микроструктуру мелкодисперсного строения (рис. 2, в). Поверхностные слои состоят из частиц очень тонкого игольчатого строения, которые вытянуты в сторону основного металла. Основу покрытия составляет твердый раствор хрома в  $\alpha$ -железе, остаточный аустенит, а также карбиды железа ( $Fe_2C$ ), бориды ( $FeB$ ,  $CrB_2$ ,  $Cr_5B_3$ ) и ферробориды ( $Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}$ ). Структура покрытия состоит из основы - твердого раствора хрома в  $\alpha$ -железе, а также остаточного аустенита, карбидов железа ( $Fe_2C$ ), боридов ( $FeB$ ,  $CrB_2$ ,  $Cr_5B_3$ ) и ферроборида ( $Cr_{1,65}Fe_{0,35}B_{0,96}$ ).

Результаты исследований микротвердости упрочненного слоя показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Микротвердость поверхностного слоя покрытий из композиционного ферромагнитного порошка Fe-Ti после МЭУ и лазерной обработки

Расстояние от поверхности, мм	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,5	5,0
Микротвёрдость, НV	437	467	438	346	376	371	209	201

Результаты экспериментальных исследований (таблица 2) показывают, что лазерная обработка покрытий, полученных МЭУ, при уменьшении средней их толщины в 1,12 раза, позволяет повысить качество поверхностного слоя за счет снижения их средней разнотолщинности в 1,16-1,21 раза

Таблица 2 – Толщина и разнотолщинность покрытий, полученных МЭУ и лазерной обработкой

Материал ФМП	Средняя толщина покрытий, мкм	Средняя разнотолщинность покрытий, мкм
Fe-Ti	257	63
Fe-5%V	263	57
ФБХ-6-2	274	51
Fe-Ti	229	54
Fe-5%V	235	49
ФБХ-6-2	244	42

**Закключение.** Показаны основные полученные результаты применения новой технологии обработки непрерывным лазером покрытий поверхности деталей сельскохозяйственных машин, выполненных МЭУ. Проведены экспериментальные исследования. Научно обоснована новизна и возможность целесообразности широкого применения обработки непрерывным лазером покрытий, полученных после МЭУ. Экспериментальными исследованиями установлено, что лазерная обработка таких покрытий значительно уменьшает градиент структурной неоднородности, приводит к полному исчезновению микротрещин, уменьшает среднюю разнотолщинность покрытий до 1,2 раза и объемную пористость покрытий до 3-х раз, а также наблюдается снижение микронапряжений с 0,74 % до 0,1%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Черноиванов, В. И. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы) / В. И. Черноиванов, И. Г. Голубев. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2010. - 376 с.
2. Казаровец, Н. В. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники / Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетеня, Г.И. Анискович // Сборник докладов 12 МНТК (10–12 сентября 2012 г., г. Углич). М., ФГУП «Изд-во «Известия», 2012. – С. 219–228.
3. Бетеня, Г.Ф. Упрочнение деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин в условиях импульсного закалочного охлаждения / Г.Ф. Бетеня, А.В. Кривцов // Агропанорама. 2015. – №3. – С. 15–19.
4. Анискович, Г.И. Экономическая эффективность импортозамещающего производства запасных частей для тракторных плугов / Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт. – 2018. - №4. - С. 10-17.
5. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. - Минск : БГАТУ, 2016. - 236 с.
6. Перспективные методы модификации поверхности металлов лазерной обработкой / В. Е. Архипов [и др.] // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2008. – № 12. –С. 26–31.
7. Шатульский, А.А. Применение методов прототипирования для изготовления изделий машиностроения / А.А. Шатульский, М.А. Шаповалова // Научные технологии в машиностроении. – 2011. – № 1. – С. 24–29.
8. Девойно, О.Г. Поверхностное упрочнение серого чугуна совмещенной лазерной и ультразвуковой обработкой / Наука и техника. – 2013. – №2. – С. 3–6.
9. Григорьянц, А.Г. Создание композиционных покрытий из металлических порошков лазерной объемной наплавкой / А.Г. Григорьянц, И.Н. Шиганов, Р.С. Третьяков // Сварочное производство. – 2018. – №5. – С. 21–28.

## **ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДА СТЕНДА И СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВПРЫСКОВ Тестируемого ИНЖЕКТОРА**

**Мухля О.О., Жданко Д.А., к.т.н., доцент**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный  
технический университет»*

**Введение.** На сегодняшний день высоки требования, предъявляемые к компонентам дизельных топливных систем (ДТС): к инжекторам впрыска, к топливным насосам высокого давления (ТНВД) [1]. От их состояния зависит экологичность выхлопа транспортного средства, равномерность работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС), экономический фактор эксплуатации транспортного средства (ТС) или сельскохозяйственной машины.

Но ещё большие требования должны предъявляться к системам (стендам), которые должны контролировать состояние компонентов ДТС.

Существует достаточно стендов для тестирования инжекторов и ТНВД COMMON RAIL (CR) [2]. Как правило, их производят компании, которые обеспечивают инжекторами сборочные конвейеры мировых производителей транспортных средств, сельскохозяйственных, строительных и специальных машин и др., например, это EPS 708 (BOSCH), CRI-PC (HARTRIDGE-DELPHI). Стоимость этого оборудования зачастую составляет и превышает ~50-100 тыс. евро.

Существует много вариантов дооснащения и модернизации уже существующих стендов предыдущих поколений, которые ещё довольно успешно справляются с поставленными задачами: поддерживать заданную температуру тестовой жидкости, поддерживать заданную частоту вращения главного привода, точно отсчитывать необходимое количество циклов. И используя необходимые блоки управления и блоки измерения, можно

достигнуть положительного экономического эффекта без ущерба в качестве работ по тестированию компонентов ДТС CR [3-6].

Цель работы – анализ изменения стабильности пульсаций давления в топливном рейле CR в зависимости от изменяемой частоты главного привода (чаще всего это асинхронный двигатель, управляемый преобразователем частоты) и собственной частоты впрыска тестируемого инжектора.

Объектом исследования является топливная система COMMON RAIL дизельного двигателя.

**Оборудование и материалы.** Испытания проводились на стенде SPP-SPOLNOTA-1 (рисунок 1) (производства PL), модернизированном до уровня тестирования системы CR, с использованием блока управления «ПОТОК CR4» (производства РБ), блока измерения «ПОТОК FM8» (производства РБ), изменённой системы термостабилизации и фильтрации тестовой жидкости.

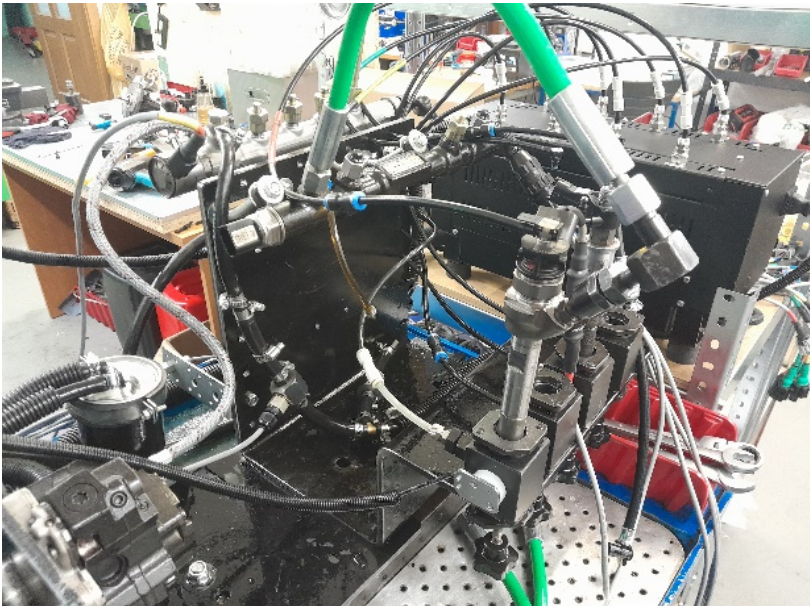


Рисунок 1 – Модернизированный стенд

Установлены: топливные фильтры высокой степени очистки, дополнительные радиаторы с управляемыми вентиляторами и топливный насос, для создания специального, прокачиваемого, дополнительного контура охлаждения, асинхронный двигатель 11 кВт и управляющий им частотный преобразователь 11кВт. Также произведены работы по электромагнитной совместимости системы электрообеспечения стенда путём установки сетевого дросселя 11 кВт.

В качестве тестового инжектора используем грузовой №0445124015 (BOSCH).

Изменяемыми факторами эксперимента приняты: частота впрысков и обороты привода. Изменение их проводилось путем изменения настроек блока управления. Им же производилась запись осциллограмм пульсаций давления. Данные принимаемых режимов испытаний приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры проводимых испытаний

№ опыта	Частота вращения привода, мин <sup>-1</sup>	Частота впрысков в минуту	Давление в рейле, МПа	Длительность импульса, мкс	Количество повторений (выборок)
1	500	400	100	1000	10
2	1000	400	100	1000	10
3	1500	400	100	1000	10
4	500	500	100	1000	10
5	1000	500	100	1000	10
6	1500	500	100	1000	10
7	500	1000	100	1000	10
8	1000	1000	100	1000	10
9	1500	1000	100	1000	10

**Основная часть.** Принимаем постоянное значение давления для всех тестов 100 МПа и постоянное значение длительность управляющего импульса 1000 мкс.

Для определения параметра наименьшего разброса по значениям пульсаций осциллограмм, в рамках одной выборки, определяли среднее значение всех дисперсий всех выборок [7] и сводили полученные данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты расчетов

№ опыта	Частота вращения привода, мин <sup>-1</sup>	Частота впрысков в минуту	Среднее значение всех дисперсий и всех выборок для каждого опыта, МПа
1	500	400	9,553797
2	1000	400	10,47108
3	1500	400	32,86749
4	500	500	10,17334
5	1000	500	8,192794
6	1500	500	63,85611
7	500	1000	9,181798
8	1000	1000	4,053468
9	1500	1000	23,97162

Как мы видим из таблицы 2 оптимальное сочетание параметров частоты вращения привода и частоты впрысков достигается в режиме 1000 мин<sup>-1</sup> и 1000 впрысков, где средняя дисперсия всех выборок минимальная и составляет 4,05368 МПа, а наихудшее сочетание параметров 1500 мин<sup>-1</sup> и 500 впрысков, где средняя дисперсия всех выборок максимальная и составляет 63,85611 МПа.

**Вывод.** Полученные результаты могут быть использованы для более качественной оценки работы модернизированных стендов, предназначенных для тестирования дизельных инжекторов CR.

Также необходимо учитывать и влияние других факторов, таких как: термостабилизация; стабильность частоты вращения; объём рейла, используемого на стенде; геометрические параметры трубопроводов высокого давления и других, которые могут влиять на стабильность показаний испытуемого инжектора CR.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Жданко, Д.А. Оценка технического состояния форсунок топливной системы COMMON RAIL на примере трактора «БЕЛАРУС» с двигателем Д-243.5S3В / Д.А. Жданко, О.О. Мухля// Агропанорама. – 2021. – №5 (147). – С. 34–39.
2. Управление надежностью сельскохозяйственной техники методами диагностики и триботехники: монография / В.П. Миклуш [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2019. – 392 с.

3. Тарасенко, В.Е. Повышение надежности и расширение функциональных возможностей диагностического стенда для работы с ТНВД систем Common Rail / В.Е. Тарасенко, А.А. Жешко, В.С. Ивашко [и др.] // Изобретатель. – Минск, 2019. – №7 (235). – С. 44–47.

4. Тарасенко, В.Е. Оценка технического состояния топливных насосов высокого давления Common Rail (ТНВД CR) автотракторных дизельных двигателей: учебно-методическое пособие / В.Е. Тарасенко, В.М. Кашко, О.О. Мухля [и др.]. – Минск, БГАТУ, 2019. – 37 с.

5. Корнеев, В. М. Обоснование целесообразности модернизации стендов для испытания и регулировки дизельной топливной аппаратуры / В. М. Корнеев, М. Ю. Устинов // Международный научный журнал. – 2009. – №1. – С. 54–57.

6. Корнеев, В. М. Модернизация средств технологического оснащения для испытания дизельной топливной аппаратуры : дис. канд. техн. наук : 05.20.03 / В.М. Корнеев. – Москва, 2004. – 214 с.

7. Курицкий, Б. Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. / Б. Я. Курицкий. – СПб. : BHV – Санкт-Петербург, 1997. – 384 с.

УДК 631.171

## **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДМАСТИТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЫМЕНИ ДОЙНОГО СТАДА**

**Жилич Е.Л.<sup>1</sup>, Жешко А.А.<sup>2</sup>, Рогальская Ю.Н.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

*<sup>2</sup>РУП «Институт экспериментальной ветеринарии  
им. С.Н. Вышеселского»*

**Введение.** Совершенствование автоматизированных систем в животноводстве предполагает развитие не только аппаратной

составляющей, но также разработку и сопровождение программного обеспечения, что позволит существенно увеличить точность разрабатываемых систем и повысить качество технологических процессов в животноводстве. В этой связи актуальной задачей является обоснование аппаратной базы и разработка программной составляющей системы биометрической идентификации предмаститного состояния дойного стада КРС.

**Основная часть.** Аппаратная реализация системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада (рисунок 1) состоит из кронштейна 1, конструкция которого позволяет фиксировать видеокамеру 2 и осуществлять регулировку ее расположения относительно экрана тепловизора. Штатив 5 является опорой системы биометрической идентификации и позволяет регулировать положение тепловизора 3 по высоте. Регулятор угла наклона тепловизора 4 должен обеспечивать изменение угла съемки инфракрасной камерой тепловизора в интервале от 0 до 30° в вертикальной плоскости.



Рисунок 1. – Аппаратная реализация системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада

- 1 – кронштейн крепления; 2 – видеокамера; 3 – тепловизор;
- 4 – регулятор угла наклона тепловизора; 5 – штатив

Программный интерфейс автоматизированной системы биометрической идентификации предмаститного состояния вымени дойного стада КРС представлен на рисунках 2-7. Основное окно

программы 1 (рисунок 2) состоит из главного меню 2 и панели вкладок 3, через которые можно осуществлять переход к основному и вспомогательным модулям программы.

Основной модуль программы состоит из панели инструментов 4, элементов 5 и 6, в которые транслируется исходное потоковое видео, а также видео с наложенными фильтрами. В правой части основного модуля расположена панель настроек 7, в нижней части имеется информационная панель 8, в которой отображается температура вымени. Также в нижней части основного окна находятся кнопки запуска и останова распознавания 9.

Элемент с отображением потока обработанного видео содержит графические примитивы в виде линии, которая позволяет настроить горизонтальное расположение камеры при тарировке устройства.

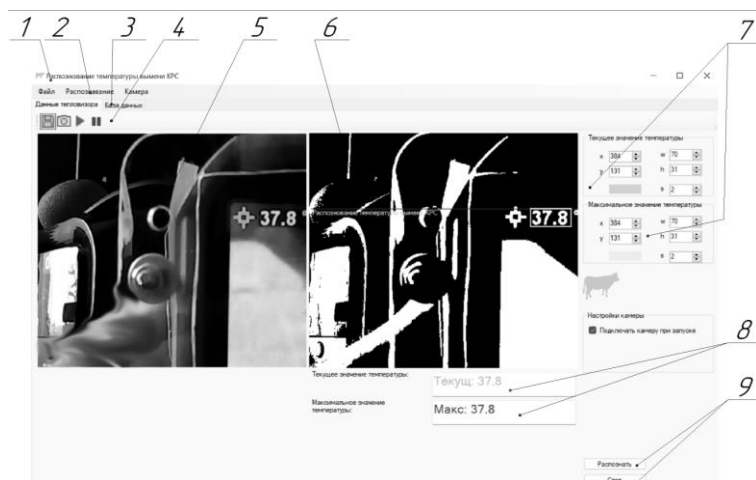


Рисунок 2. – Главное окно программы CowsRecognizer

- 1 – основное окно; 2 – главное меню; 3 – панель вкладок; 4 – панель инструментов; 5 – элемент с отображением потока видео с видекамеры;
- 6 – элемент с отображением потока обработанного видео; 7 – панель настроек;
- 8 – панель с распознанной температурой тепловизора;
- 9 – кнопки запуска и останова распознавания

Панель настроек состоит из элементов для регулирования параметров «области интересов» ROI для текущей и максимальной температуры.

Панель инструментов, состоит из кнопок для сохранения результатов настройки «области интересов», подключения камеры, снятия видео с останова и постановки видео на паузу.

Переход на вкладку «База данных» через панель вкладок 3 (рисунок 2), позволяет отобразить каталог термограмм программы (рисунок 3). На панели инструментов каталога расположена кнопка обновления содержимого 1, под которой расположен фильтр отображений всех термограмм 2. Для включения фильтров термограмм по долям вымени, необходимо нажать соответствующую кнопку фильтра 3.

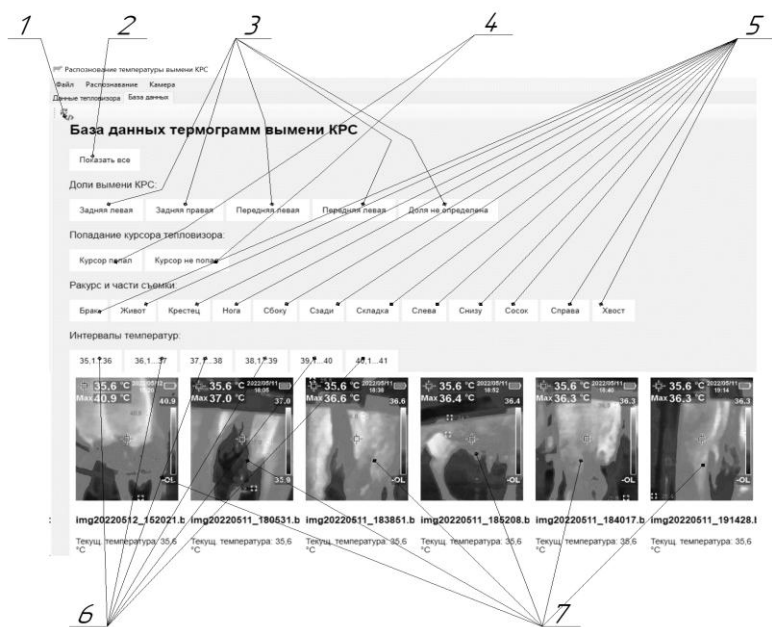


Рисунок 3. – Окно каталога термограмм программы  
 1 – кнопка обновления каталога; 2 – кнопка для отображения всех элементов каталога; 3 – фильтры доли вымени КРС; 4 – фильтры попадания курсора тепловизора; 5 – кнопки фильтров ракурса и частей съемки; 6 – кнопки фильтров интервалов температур; 7 – изображения термограмм вымени

Для фильтрации содержимого по критерию попадания курсора тепловизора необходимо нажать на кнопку 4. Для включения фильтров ракурса и частей съемки необходимо нажать

одну из кнопок 5. Для выбора интервалов температур нажать на кнопку 7.

Для приведения изображений вымени к единой системе координат осуществлялась их регистрация, что позволило сравнивать изображения вымени между собой и проводить их анализ.

На рисунке 4 представлен модуль для поиска изображений по содержанию. Для реализации поиска необходимо указать каталог с изображениями термограмм. При этом на основном окне модуля будет отображен абсолютный путь к каталогу, а на панели отобразятся миниатюры изображений из указанного каталога. Далее необходимо нажать на кнопку «Поиск», после чего пользователю будет предложено указать изображение для поиска схожих ему в каталоге.

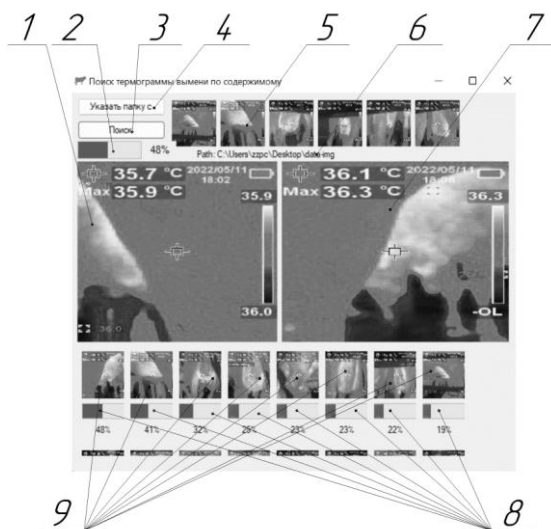


Рисунок 4. – Модуль программы для поиска изображений по содержанию  
1 – исходное изображение для поиска; 2 – точность совпадения исходного и найденного изображения; 3 – кнопка «Поиск»; 4 – кнопка для выбора каталога с изображениями для поиска исходного; 5 – миниатюры изображений; 6 – путь к каталогу и изображениями; 8 – точность найденных изображений; 9 – миниатюры найденных изображений

После завершения поиска в элементах модуля будут отображены исходное изображение, наиболее схожее с исходным,

процент точности поиска отражен на вкладке. В нижней части программы будут отображены в порядке убывания схожести миниатюры найденных похожих изображений в каталоге.

**Заключение.** Аппаратная часть предложенной системы состоит из тепловизора и камеры, для обработки потокового видео, а также вспомогательных элементов для регулирования их взаимного расположения, такая реализация является относительно простой и позволяет с достаточной степенью точности идентифицировать предмаститное состояние вымени дойного стада КРС. программная реализация системы содержит основной модуль для идентификации предмаститного состояния, а также вспомогательные модули для поиска изображений по содержанию и каталога.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ракевич, Ю.А. Использование инфракрасной термографии для выявления мастита коров / Ю.А. Ракевич // Агропанорама : научно-технический журнал для работников агропромышленного комплекса. – 2020. – № 5(141). – С. 19–22.

УДК: 621.436

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ СОВРЕМЕННОГО АВТОТРАКТОРНОГО ИНЖЕКТОРА

**Мухля О.О.<sup>1</sup>, Тарасенко В.Е.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,  
Сырбаков А.П.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, Федоров О.С.<sup>3</sup>, к.т.н., доцент**

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»,*

<sup>2</sup>*ФГБОУВО «Новосибирский аграрный университет»,*

<sup>3</sup>*ФГБОУВО «Удмуртский государственный аграрный университет»*

**Введение.** Обеспечение работоспособности топливной аппаратуры дизелей – важная задача, решение которой возможно лишь на базе фундаментальных исследований трибохимических

процессов и поиска на их основе новых методов повышения надежности дизелей и установок на их базе [1].

**Основная часть.** Одним из представителей автотракторных инжекторов последнего поколения с электромагнитной катушкой и датчиком обратной связи хода клапана управления впрыском выступает инжектор компании Bosch (поколения CRI 2-25), где воплощена технология контроля перемещения иглы (needle-closing control, NCC). В данном инжекторе (рисунок 1), по сравнению с его предшественниками шток управляющего клапана и игла распылителя выполнены как одна деталь.

Контроль перемещения иглы в современных инжекторах дизельных двигателей позволяет точно измерять и управлять продолжительностью впрыска топлива в реальных условиях движения – с точностью до нескольких тысячных долей секунды.



Рисунок 1. – Современный инжектор CRI 2-25 (имеет 3 контакта)

Для этого в электромагнитный инжектор встроен датчик 2 (рисунок 2), показания которого контролируются современным программным обеспечением. С помощью обратной связи обеспечивается значительно более точный впрыск топлива на протяжении всего срока службы инжектора. Осциллограмму изменения тока в обмотке катушки электромагнита и осциллограмму срабатывания датчика NCC содержит правая часть рисунка 2 [2]. Таким образом, становится возможной организация сложных конфигураций впрыска, что в свою очередь способствует дальнейшему снижению шума при работе двигателя, расхода топлива и выбросов в реальных условиях движения. NCC также открывает новые возможности для онлайн-диагностирования системы впрыска в будущем [4].

В лаборатории технического сервиса топливной аппаратуры и агрегатов гидросистем БГАТУ выполнен комплекс лабораторных исследований рассматриваемого инжектора, которые проводились с использованием стереоскопического микроскопа «МБС-10» и

цифровой камеры «CELESTRON» [3]. При этом инжектор предварительно был разобран и проверен с помощью стереомикроскопа. Анализ работы инжектора с оценкой количественных показателей впрыска производился на модернизированном стенде «SPOLNOTA SPP-9» дооснащенный блоком управления «ПОТОК CR4» и блоком измерения «ПОТОК FM8». Анализ осциллограмм производился осциллографическим комплексом «МТпро4».

С использованием испытательного стенда в автоматическом режиме осуществлялся контроль основных этапов работы инжектора, в том числе задержки между началом активации инжектора и началом срабатывания датчика NCC (рисунок 3). Таким образом, удалось на практике проверить и уточнить интервалы работы рассматриваемого инжектора, описанные теоретически на рисунке 2.

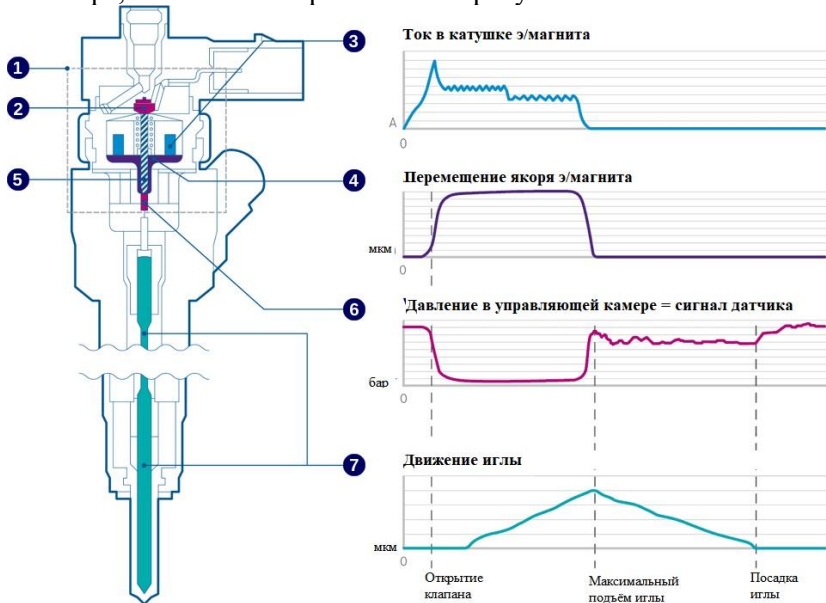


Рисунок 2. – Устройство и работа инжектора CRI 2-25

1 – электромагнитный клапан, 2 – датчик системы NCC, 3 – обмотка катушки электромагнита, 4 – якорь (запорная часть клапана), 5 – направляющая якоря, 6 – управляющая камера, 7 – игла распылителя – шток управляющего клапана.

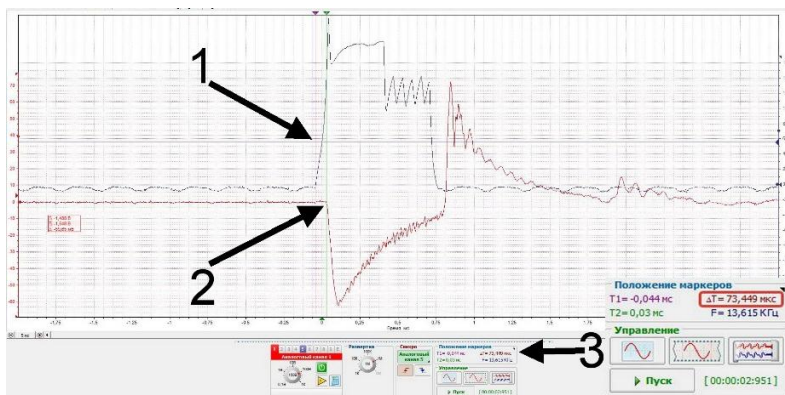


Рисунок 3. – Осциллограмма фактической работы инжектора CRI 2-25

1 – начало активации инжектора (осциллограмма тока), 2 – осциллограмма срабатывания датчика NCC (величина амплитуды сигнала зависит от внутреннего давления в инжекторе), 3 – задержка между началом активации инжектора и началом срабатывания датчика NCC (в нашем случае - 73,449 мкс).

На рисунке 4 показано перемещение иглы распылителя в соответствии с практической осциллограммой рисунка 3.



Рисунок 4. – Движение иглы распылителя

Из построений рисунка 4 отчетливо видна повторяемость управляющего сигнала по току, а также изменение давления в управляющей камере. Приведенные данные на рисунке 3 повторяют

практически полученные сигналы с теоретического графика (рисунок 2).

Инжектор CRI 2-25 – это современный компонент с: гидравлически разгруженным клапаном управления; штоком клапана и иглой распылителя, изготовленные одним узлом (рисунок 8, верх), с отсутствием тефлонового уплотнительного кольца, разделяющим области высокого и низкого давления топлива внутри инжектора.

На рисунках 5, 6, 7 показан гидравлически разгруженный клапан, его корпус и запорный анкер со штоком, а также места абразивного износа.

На рисунке 5 представлен запорный элемент клапана с дефектами на запорной кромке. На прилегающей поверхности имеется износ абразивными частицами проходящего топлива и следы усталостного изнашивания. Изображения на рисунке даны с разными степенями увеличения.

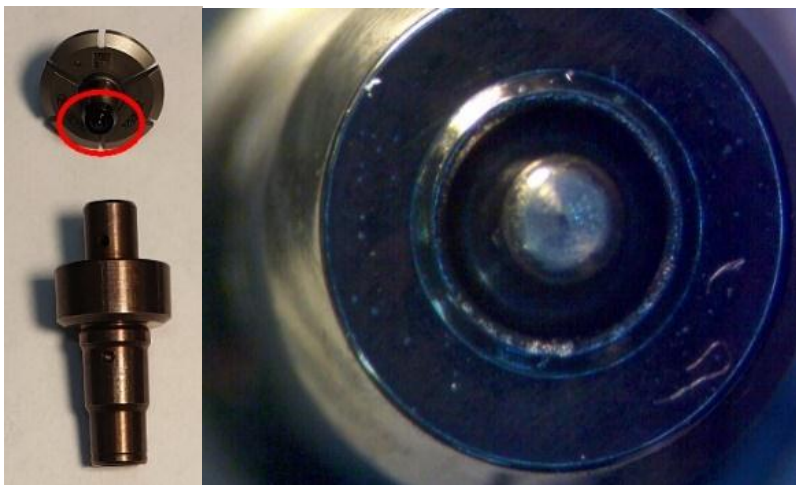


Рисунок 5. – Клапан с увеличенной запорной кромкой анкера

На рисунке 6 представлен корпус клапана с дефектами на опорной кромке. На прилегающей поверхности имеется износ абразивными частицами проходящего топлива (вследствие гидроабразивного изнашивания) и следы усталостного изнашивания.

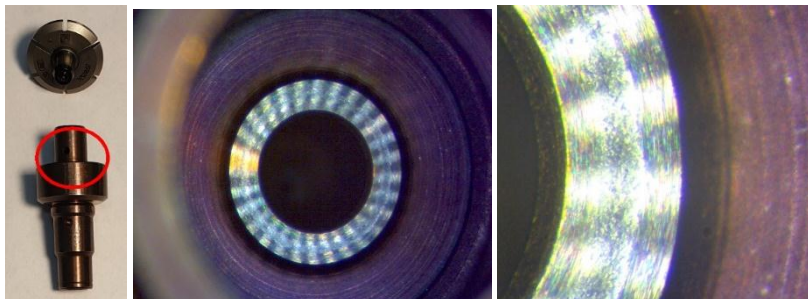


Рисунок 6. – Клапан с запорным пояском корпуса: вид левее 10х, справа 100х

На рисунке 7 изображено место прилегания клапана к корпусу инжектора, отличительной особенностью последнего является отсутствие уплотнительного (тефлонового) кольца для разделения камер высокого и низкого давления топлива.

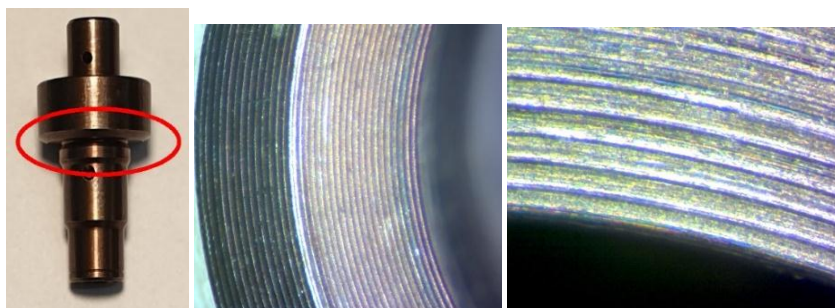


Рисунок 7. – Вид клапана в месте прилегания к корпусу инжектора:  
левее 10х, справа 100х

Игла распылителя (рисунок 8) в рассматриваемом инжекторе изготовлена как одно целое со штоком запорного клапана. Такая конструкция применяется впервые на инжекторах CRI 2-25 для обеспечения синхронной работы запорного клапана и иглы распылителя, что в свою очередь обеспечивает более точное регулирование при большом количестве дозирования топлива за один цикл впрыска.

На рисунке 8 представлены: хвостовик штока, который перемещается в клапане; место сварки (шток-игла); конусная

(запорная) часть иглы распылителя, также не редко подвергаемая поверхностному абразивному износу.



Рисунок 8. – Игла распылителя со штоком

Таким образом, с использованием испытательного стенда на практике установлены интервалы работы инжектора CRI 2-25; с учётом анализа состояния и ремонта инжекторов предыдущих поколений определены виды изнашивания и места потенциального износа основных его элементов (клапана, запорного анкера и иглы).

## ЛИТЕРАТУРА

1. Саидов, М.А. Исследование влияния изнашивания конусного уплотнения распылителя форсунки судового дизеля на работоспособность топливной аппаратуры: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.08.05 / М.А. Саидов; Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Астраханский государственный технический университет». – Астрахань, 2009. – 20 с.

2. Презентация стенда для проверки форсунок COMMON RAIL DCI 700. BOSCH |AA-AS/PRM6.1 | 17.04.2018. – 26 с.

3. Тарасенко, В.Е. Исследование электромагнитного инжектора поколения CRI 2-25NC с меньшими токами управления / В.Е. Тарасенко, О.О. Мухля, А.А. Жешко, А.П. Сырбаков [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 1. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st\\_131.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/1/st_131.pdf).

4. СТО КОВШ –DIESEL– Библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://kovsh.com/library/diesel\\_fuel\\_system/fuel\\_equipment\\_manufacturers/bosch/bosch\\_common\\_rail/forsunki/elektrogidravlichesskie/cr1\\_2-25/t/tabs22523/informatciia](https://kovsh.com/library/diesel_fuel_system/fuel_equipment_manufacturers/bosch/bosch_common_rail/forsunki/elektrogidravlichesskie/cr1_2-25/t/tabs22523/informatciia) - СТО «КОВШ». – Дата доступа: 08.05.2023.

УДК 669.141:631.312.02

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПЛУГОВ ПРИ ИХ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКЕ**

**Анискович Г.И., к.т.н., доцент, Шевчук М.А.**

*Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** Одной из важнейших проблем, связанной с эксплуатацией плугов является быстрый износ сменных деталей, и в наибольшей степени тех, которые испытывают максимальные удельные нагрузки – долот и лемехов. Работоспособность и долговечность этих деталей должна обеспечиваться соответствием комплекса механических свойств сталей, применяемых для их изготовления, экстремальным условиям эксплуатации [1,2]. При выборе материала для изготовления деталей, работающих в режиме ударно-абразивного изнашивания, и технологии упрочнения использование одной твердости в качестве критерия износостойкости недостаточно. Необходим комплексный подход с использованием, наряду с твердостью, таких свойств материала, как прочность, ударная вязкость, и способностью технологии упрочнения обеспечивать требуемое микроструктурное строение [2,3]. За счет изменения структурного состояния и получения, например, ферритно-мартенситной или мартенситной структуры можно обеспечить значительное повышение комплекса свойств традиционных марок конструкционных сталей. При этом необходимо достигать ультрамелкозернистых структур с

большееугловыми границами зерен, поскольку именно в этом случае происходят качественные изменения свойств образцов [4-7].

**Основная часть.** Для изготовления деталей рабочих органов почвообрабатывающих машин предприятия Республики Беларусь и других государств СНГ применяют недорогие марки сталей, а также традиционные методы их термообработки [1,2]. Как правило, почворежущие детали изготавливаются из конструкционных сталей 40, 40X, 45, Л53, 65Г и других марок, а в качестве упрочняющей технологии применяют традиционную закалку и отпуск. Такие технологии не обеспечивают изделиям механические свойства требуемые для эффективной работы в абразивной среде с ударными нагрузками. [2,3].

Зарубежные фирмы детали рабочих органов почвообрабатывающих машин преимущественно изготавливают из более прочных борсодержащих (с добавками молибдена, титана) мало и среднеуглеродистых сталей. Аналогами их в СНГ являются стали 30ГР, 40ГР, 30Г2Р и др. Применение таких сталей и специальных способов термической обработки позволило достичь повышенных эксплуатационных свойств. Детали упрочняются до твердости 48 – 54 HRC, прочность превышает 1200 МПа, ударная вязкость – 0,8 – 1,0 МДж/м<sup>2</sup> [8,9].

Особое внимание при изготовлении долот и лемехов плугов западноевропейскими фирмами уделяется формированию их структурного состояния. Исследования последних десятилетий показали, что наиболее эффективным способом повышения прочности, а также твердости, при обеспечении достаточной вязкости и пластичности является измельчение структуры сталей путем применения микролегирования, контролируемой прокатки и других способов обработки [7,8]. Прочность и твердость материала возрастает при уменьшении размеров элементов, образующих его структуру. Связь этих параметров обычно описывается уравнением Холла-Петча.

Уравнение, описывающее повышение прочности при измельчении зерна (или субзерна)

$$\sigma_T = \sigma_0 + \frac{k}{d^m}, \quad (1)$$

где  $\sigma_0$  – напряжение, необходимое для движения свободной дислокации или внутреннее напряжение, препятствующее распространению пластического сдвига в теле зерна;

$k$  – коэффициент, характеризующий прочность блокирования дислокаций;  $d$  – диаметр зерна (субзерна).

Повышение твердости материалов описывается уравнением

$$HV = HV_0 + \frac{k}{d^m}, \quad (2)$$

где  $HV_0$  – твердость по Виккерсу монокристалла;  $k$  – коэффициент пропорциональности;  $d$  – диаметр зерна.

Для материала с зеренной структурой  $m = 0,5$  и для субзеренной структуры  $m = 1$ .

Важная особенность этого фактора упрочнения состоит в том, что измельчение зерна (увеличение протяженности их границ) наряду с увеличением прочности и твердости сопровождается повышением ударной вязкости. Объясняется это уменьшением размеров зародышевых трещин и затруднением их развития. Трещина вынуждена изменять направление движения при переходе от одного зерна к другому, в результате ее траектория и сопротивление движению увеличиваются [5].

Для получения требуемого мелкозернистого структурного состояния и соответствующих высоких механических свойств фирмой “Rabewerk” разработан и реализован технологический процесс специальной термической обработки лемехов и долот плугов, предусматривающий в числе других операций их цементацию на глубину 1,8 мм. Микроструктура цементованного слоя (рисунок 1а) упрочненного долота представляет собой мелко-, среднеигльчатый мартенсит, твердость цементованной поверхности 62 HRC, микроструктура основного металла (рисунок 1б) – мартенсит малоуглеродистый твердостью 29 – 30 HRC.

Отечественной технологией обеспечивающей формирование мелкодисперсных структур является технология импульсной закалки [10,11]. В плоских изделиях из конструкционных сталей 45, 35ХГСА, 60ПП (55ПП) импульсной закалкой в процессе

интенсивного охлаждения за счёт фазового превращения достигается формирование в поперечном сечении изделия диссипативного структурного строения с субмелкокристаллическим зерном мартенсита. Упрочненные по данной технологии сменные детали плугов имеют твердость в пределах 54 – 64 HRC, прочность на уровне 2000 МПа, ударную вязкость не ниже 1,0 МДж/м<sup>2</sup>, микроструктуру пластинчатого мартенсита отпуска с размером зерна по ГОСТ 5639 соответствующему 9 баллу.

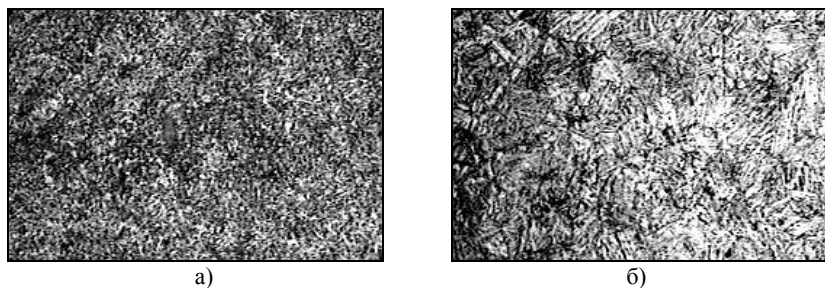


Рисунок 1. – Микроструктура x500 поверхностного слоя (а) и сердцевины (б) долота фирмы “Rabewerk”

Отличительной особенностью технологии импульсной закалки является увеличение на порядок интенсивности охлаждения за счет подачи на изделие определенным образом организованных потоков воды. При этом обеспечиваются скорости охлаждения близкие к предельно возможным теоретическим, когда температура поверхности мгновенно становится равной температуре окружающей среды.

Высокоинтенсивное охлаждение обеспечивает получение в материале деталей ультрамелкозернистых структур, благодаря быстрому прохождению температурного интервала фазового превращения, что значительно ограничивает условия, способствующие росту зерна.

Изучение микроструктурного строения упрочненных импульсной закалкой деталей из стали 60ПП показало, что в поверхностном слое образовалась микроструктура весьма мелко игольчатого мартенсита (рисунок 2а). Твёрдость поверхностного слоя составляет 58 – 64 HRC. Исследованиями микроструктуры упрочненного слоя по оценке металлографическим методом при

увеличениях  $\times 5000$ ,  $\times 20000$  (рисунок 3) выявлено, что максимальная длина игл мартенсита составляет 5 – 6 мкм, толщина игл порядка 0,2 – 0,3 мкм. Структура образца характерна для мартенсита пакетного (речного) типа со средним поперечным размером реек 450 – 550 нм. Мартенситные иглы частично фрагментированы, размер фрагментов находится в диапазоне 20 – 150 нм, их средний размер составляет 40 – 50 нм.

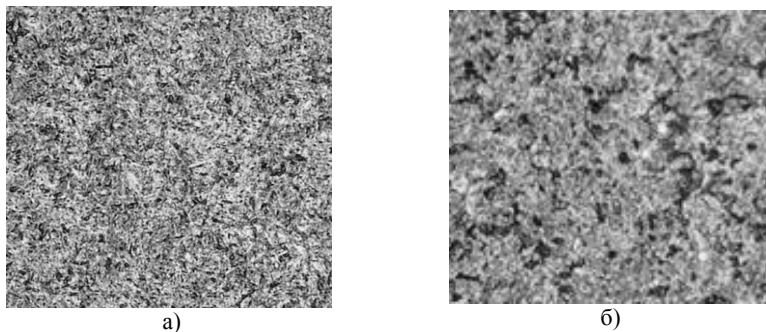


Рисунок 2. – Микроструктура ( $\times 200$ ) упрочненного слоя (а) и сердцевины (б) образца из стали 60ПП

Статистические данные по средней длине фрагментов мартенситных пластин стали 60ПП после упрочнения рабочей поверхности деталей толщиной 6 – 12мм показали, что размеры 80% фрагментов находится в диапазоне 0,02 – 0,08мкм, соответствующие 3 – 4 классам на рисунке 4.

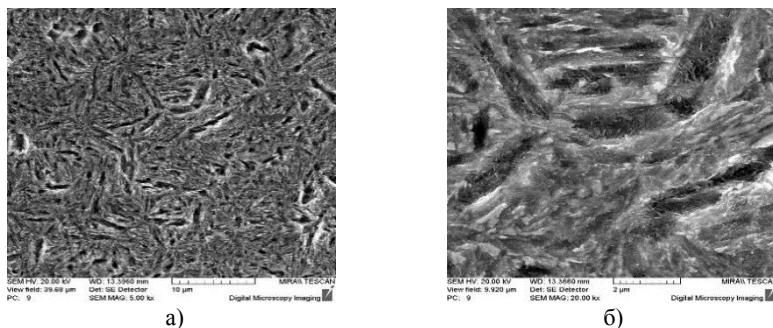


Рисунок 3. – Микроструктура поверхностного слоя упрочненного импульсной закалкой образца стали 60ПП  $\times 5000$  (а) и  $\times 20000$  (б)

Снимки микроструктуры троостита в сердцевине плоского образца (рисунок 2б) также свидетельствуют о его дисперсности. Твердость сердцевины находится в пределах 28 – 42 HRC.

Придание такого дисперсного структурного строения упрочненным деталям является основой повышения их конструкционной прочности и износостойкости. Твердый поверхностный слой и вязкая сердцевина упрочненных импульсной закалкой деталей обеспечивают высокий уровень прочности и ударной вязкости. Импульсной закалкой деталей, изготовленных из конструкционных сталей, достигается их мелкозернистое структурное строение, высокий уровень значений твердости, ударной вязкости и прочности, сопоставимые с аналогичными показателями деталей импортного производства, изготовленными из борсодержащих мало- и среднеуглеродистых легированных сталей. Наличие такой структуры и механических свойств является предпочтительным для деталей, работающих в условиях интенсивного абразивного изнашивания с ударными нагрузками.

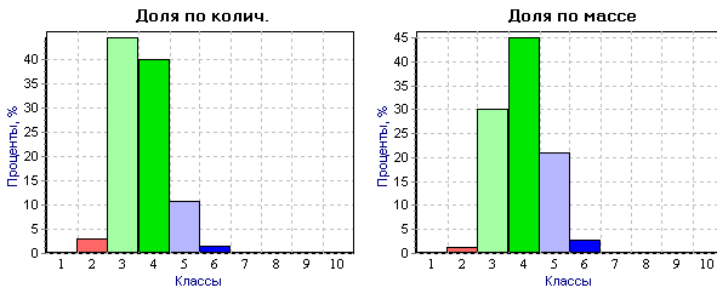


Рисунок 4. – Гистограммы распределения фрагментов мартенсита по длине в рабочей части детали из стали 60ПП после низкого отпуска

**Заключение.** В сменных деталях рабочих органов плугов из среднеуглеродистых конструкционных сталей при их импульсной закалке и низком отпуске формируется фрагментированная ультрамелкозернистая структура мартенсита, чем достигается требуемая для работы в условиях ударно-абразивного изнашивания конструкционная прочность этих деталей, обеспечиваемая оптимальным сочетанием высоких значений твердости, прочности и ударной вязкости.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Повышение работоспособности деталей рабочих органов сельскохозяйственных машин/И.Н. Шило [и др.] – Минск: БГАТУ, 2010. – 320 с.
2. Машиностроение: Энциклопедия: в 40т/т.IV-16; Сельскохозяйственные машины и оборудование. / Ред. – сост. И.П. Каневич; отв. Ред. М.М. Фирсов. – М. : Машиностроение, 2002. – 720 с.
3. Инновационные технологии упрочнения деталей сельскохозяйственной техники/Н.В. Казаровец, Г.Ф. Бетеня, Г.И. Анискович, А.И. Гордиенко, В.С. Голубев, А.Н. Давидович//Сборник докладов 12 МНТК 10–12 сентября 2012 г., Углич. – М.: Известия, 2012. – С. 219–228.
4. Рыбин В.В., Малышевский В.А., Хлусова Е.И. Технологии создания конструкционных наноструктурированных сталей //МИТОМ, 2009, №6 (643), С. 3-7.
5. Лякишев Н.П., Алымов М.И. Наноматериалы конструкционного назначения //Российские нанотехнологии, 2006, Т. 1, № 1-2, С. 71–81.
6. Быков Ю.А. Структура и свойства конструкционных наноматериалов // Приложение №7 к журналу «Справочник. Инженерный журнал», 2010, №7, С. 1–24
7. Bulk nanocrystalline steel // Ironmaking and steelmaking.-2005.- V. 32 – p. 405–410.
8. Future Materials in Agricultural Construction - Technical report (Domex Hardenable Steel) // проспект фирмы SSAB.
9. Juna H.J., Kanga J.S., Seob D.H., Kangb K.B., Park C.G. Effects of deformation and boron on microstructure and continuous cooling transformation in low carbon HSLA steels // Materials Science and Engineering. 2006. A 422. pp. 157–162.
10. Бетеня, Г.Ф. Анискович, Г.И. Модификация структуры и механических свойств стали пониженной прокаливаемости при импульсном закалочном охлаждении жидкостью. / MOTOROL/ – Lublin-Pzeszow, 2013, vol.15, №7 – С. 80–86.
11. Бетеня, Г.Ф. Опыт упрочнения деталей из сталей пониженной прокаливаемости импульсным закалочным

охлаждением жидкостью/Г.Ф. Бетенья, Г.И. Анискович //Вестник БарГУ/ - 2013, вып.1 – С. 152–159.

12. ГОСТ 8233-56. Сталь. Эталоны микроструктуры [Текст. – введ. 1957-07.01. – М.: Изд-во стандартов. 1960. – 4 с].

УДК 631.331.022

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВУХРЯДНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ОД-2**

**Юрин А. Н.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Захаров А.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**

*<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

*<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** Важным агротехническим приемом по уходу за садом является защита насаждений от вредителей и болезней. За один сезон количество химических обработок достигает 10–17 раз. В настоящее время для обработки садов применяются вентиляторные опрыскиватели, основным недостатком которых является низкая производительность труда. В последнее десятилетие все больше создается многорядных опрыскивателей способных вести обработку одновременно 2 рядов [1-3], благодаря чему возрастает производительность труда в 2 раза.

Таким образом, актуальным в настоящее время является создание двухрядного опрыскивателя для ягодников позволяющего в 2 раза повысить производительность труда.

**Основная часть.** На основе проведенных исследований в 2021 году РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» разработан двухрядный опрыскиватель для ягодников ОД-2, предназначенный для химической защиты ягодников.

Расчет экономических показателей использования опрыскивателя проведен по результатам эксплуатационно-технологической оценки в сравнении с аналогом Agrola 1500 HST (Польша) полученным в результате проведения приемочных испытаний [4]. Исходные данные к расчету сравнительной

экономической эффективности комплекса приведены в таблице 1, а показатели сравнительной экономической эффективности – в таблице 2.

Таблица 1 – Исходные данные к расчету экономической эффективности

Наименование показателя	Значения показателя	
	по новой технике	по иностранному аналогу
Наименование операции	Внесение фунгицидов	
Марка: - опрыскивателя - трактора	ОД-2 «Беларус 921.3»	Agrola 1500 HST «Беларус 921.3»
Обслуживающий персонал, чел.: тракторист- (количество/разряд)	1/VII	
Производительность, га за час времени: - сменного - эксплуатационного	3,22 3,16	
Удельный расход топлива, кг/га	2,20	
Цена топлива с учетом стоимости смазочных материалов, руб./кг	2,71	
Балансовая цена (без НДС), руб.: - опрыскивателя - трактора	45000,00	83777,40
	74010,00	
Коэффициент отчислений на: - амортизацию: - по опрыскивателю - по трактору	0,125 0,083	
- текущий ремонт и техническое обслуживание: - по опрыскивателю - по трактору	0,11 0,099	
Годовая загрузка, ч: - опрыскивателя - трактора	80 1300	
Годовая наработка, га	252,8	
Затраты труда, чел.-ч/га	0,311	
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость), руб./га по элементам: - зарплата - амортизация - ремонт и техническое обслуживание - топливо - <b>всего</b>	1,65 23,75 21,36 5,96 52,72	1,65 42,92 38,24 5,96 88,77
Удельные капитальные вложения, руб./га	39,20 69,88	
Сумма приведенных затрат, руб./га	91,92 158,65	

Таблица 2 – Показатели сравнительной экономической эффективности опрыскивателя

Наименование показателя	Значение
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	16869,34
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	9113,44
Степень снижения себестоимости механизированных работ по новой технике, %	40,6
Срок окупаемости абсолютных капитальных вложений, лет	4,9
Капитализированная стоимость новой техники, руб.	96905,66

В результате расчета сравнительных показателей экономической эффективности установлено, что применение ОД-2 обеспечивает годовой приведенный экономический эффект в размере 16869,34 руб., годовую экономию механизированных работ – 9113,44 руб., что обеспечивает снижение затрат при использовании опрыскивателя на 40,6 %, а также срок окупаемости – 4,9 года.

Полученные значения показателей сравнительной экономической эффективности использования опрыскивателя двухрядного для ягодников позволяют констатировать, что применение ОД-2 для химической защиты ягодников выгодно для сельскохозяйственных производителей Беларуси.

**Заключение.** В результате проведения приемочных установлено, что двухрядный опрыскиватель для ягодников ОД-2 обеспечивает годовой приведенный экономический эффект от применения в размере 16869,34 руб., а срок окупаемости капиталовложений – 4,9 года, что позволяет говорить о высокой его эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Sprayers Bargam [Electronic resource]: – 2020 – Mode of access: <http://bargam.portalservices.it/en/prodotti.asp> Date of access: 17.07.2020.
2. Recycling sprayer for viniculture/fruit cultivation [Electronic resource]: – 2020 – Mode of access: <https://www.lipco.com/en/products/recycling-sprayer-for-viniculture-fruit-cultivation/> Date of access: 17.07.2020.

3. VariMAS Orchard Sprayer [Electronic resource]: Mode of access: <https://www.munckhof.org/en/machine/varimas-orchard-sprayer/> – Date of access: 31.10.2021.

4. Протокол приемочных испытаний опрыскивателя двухрядного для ягодников ОД-2 № 024-1/2-2022 от 28 сентября 2022 года / ГУ «Белорусская МИС», п. Привольный 2013 – 112 с.

УДК 631.331.022

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ ЯБЛОК ЛСП-4**

**Юрин А. Н.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Захаров А.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**

*<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»,*

*<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный аграрный технический университет»*

**Введение.** Потери плодов от уборки и до момента поступления к конечному потребителю составляют до 30 %. Это вызывает потребность их сортирования. В настоящее время сортировка плодов – мало механизированный процесс на выполнение которого приходится до 70 % всех трудозатрат [1, 2], поэтому создание технического средства, позволяющего определить качество поверхности плода, по аналогии как это делает человек [3], является важной агроинженерной задачей.

**Основная часть.** На основе проведенных исследований по обоснованию параметров системы технического зрения для распознавания дефектов плодов в 2019 г. была разработана технологическая линия сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 (рисунк 1, 2).

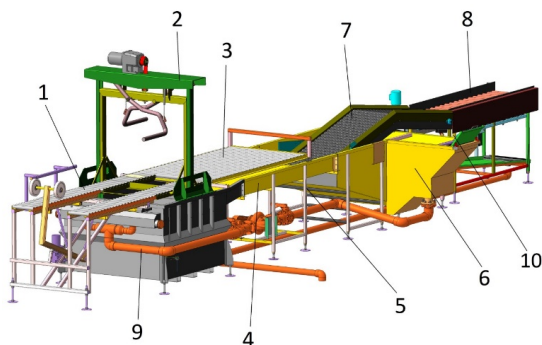


Рисунок 1. – Линия технологическая сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 (приемная часть): 1 – Транспортер приемный, 2 – модуль разгрузочный, 3 – ролинг, 4 – лоток, 5 – опора, 6 – ванна, 7 – горка, 8 – сушка, 9 – водовод, 10 – опора

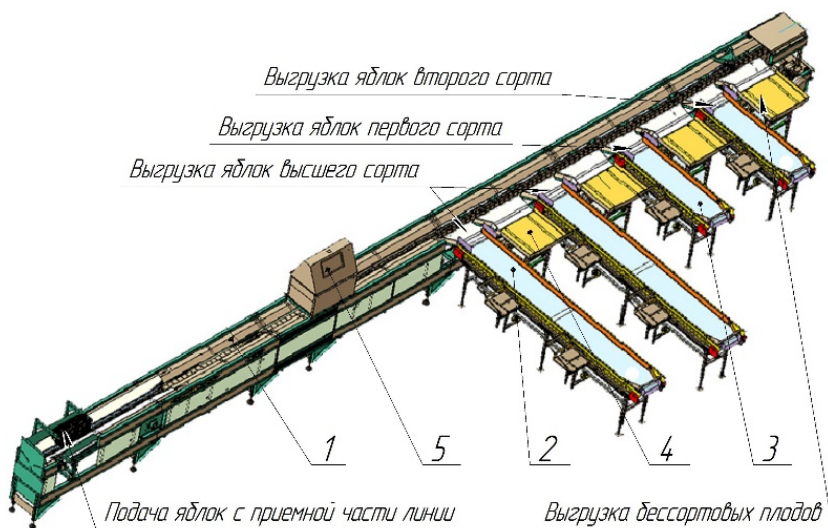


Рисунок 2. – Линия технологическая сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 (сортирующая часть): 1 – основной конвейер, 2 и 3 – конвейер, 4 – стол, 5 – оптический сортировщик

Линия состоит из транспортера приемного 1, модуля разгрузочного 2, ролинга 3, лотка 4, опоры 5, ванны 6, горки 7, сушки 8, водовода 9, опоры 10, линии сортировки 11, конвейера 12 и 13, каретки 14, стола 15, системы технического зрения (СТЗ) 16.

Рабочим органом, осуществляющим непосредственную сортировку плодов, является система технического зрения 5, расположенная на основном конвейере 1 (рисунок 2).

Приемочные испытания технологической линии проходили в ОАО «Остромечево» в Брестского района, аг. Остромечево в 2020–2021 годах. По результатам приёмочных испытаний технологической линии сортировки и фасовки яблок ЛСП-4 получен положительный протокол № 004-1/3-2022 от 25 февраля 2022 года.

Расчет экономических показателей использования линии сортировки яблок ЛСП-4 производился в сравнении с импортным аналогом - линией сортировки яблок «Rollerstar CV-C3 1-7+1» фирмы «Aweta», Голландия.

Расчет экономических показателей выполнен по ТКП 151-2008 с использованием нормативно-справочных материалов и действующих тарифных ставок оплаты труда механизаторов и стоимости топлива.

Исходные данные к расчету сравнительной экономической эффективности комплекса приведены в таблице 1, а показатели сравнительной экономической эффективности – в таблице 2.

В результате расчета сравнительных показателей экономической эффективности при работе линии сортировки было установлено, что годовой приведенный экономический эффект составил 97175,92 руб., годовая экономия себестоимости механизированных работ в размере 54475,92руб. делают окупаемым линию за 4,59 года.

Полученные результаты позволяют констатировать, что применение линии ЛСП-4 для сортировки плодов выгодно для сельскохозяйственных производителей Беларуси.

**Заключение.** 1. Линия обеспечивает повышение производительности труда в 2,5-3,2 раз по сравнению с ручным трудом.

2. Годовой приведенный экономический эффект от применения линии составляет 97175,92 руб., а срок окупаемости – 4,59 года.

Таблица 1. – Исходные данные к расчету экономической эффективности линии сортировки яблок ЛСП-4

Наименование показателя	Значение по машине	
	Разрабатываемый	Иностраннный аналог
Вид работы	сортировка яблок	
Марка:	ЛСП-4	«Rollerstar CV-C3 1-7+1» фирмы «Aweta»
Обслуживающий персонал, чел., по категориям: - водитель погрузчика - сортировщики-укладчики (кол./разряд) - оператор	8 1/IV 6/IV 1/IV	8
Производительность, т/ч		
- сменного времени	1,21	1,21
- эксплуатационного времени	1,21	1,21
Расход электроэнергии, кВт ч./т	2,8	2,8
Цена электроэнергии, руб./кВт ч.	0,45	0,45
Балансовая цена (без НДС), руб.	250000,00	463500,00
Коэффициент отчислений на:		
- амортизацию	0,125	0,125
- текущий ремонт и периодическое техническое обслуживание	0,13	0,13
Годовая загрузка, ч	140	140
Годовая наработка, т	169,4	169,4
Затраты труда, чел. ч/т	6,61	6,61
Прямые эксплуатационные затраты (себестоимость), руб./т по элементам:		
- зарплата	25,7	25,7
- амортизация	184,47	342,02
- ремонт и техническое обслуживание	191,85	355,70
- электроэнергия	1,27	1,27
- всего	403,21	724,67
Удельные капитальные вложения, руб./т	295,16	547,23
Сумма приведенных затрат (с учетом экономического коэффициента эффективности E=0,2), руб./т	698,37	1271,90

Таблица 2. – Показатели сравнительной экономической эффективности линии

Наименование показателя	Значение
Годовой приведенный экономический эффект, руб.	97142,50
Годовая экономия себестоимости механизированных работ, руб.	54442,50
Степень снижения себестоимости механизированных работ, %	44,35
Срок окупаемости абсолютных (дополнительных) капитальных вложений, лет	4,59
Капитализированная стоимость новой техники, руб.	548900,00

## ЛИТЕРАТУРА

1. Измайлов, А.Ю. Актуальность разработки перспективной системы машин и технологий для производства основных видов сельскохозяйственной продукции в Российской Федерации и Республике Беларусь / А.Ю. Измайлов, Я.П. Лобачевский // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: сб. науч. докл. Международной научно-технической конференции. – М.: ВИМ, 2015. – С. 10–14.

2. Бычков, В.В. Ресурсосберегающие технологии и технические средства для механизации садоводства [Текст] / В.В. Бычков, Г.И. Кадыкало, И.А. Успенский // Садоводство и виноградарство. – 2009. – №6. – С. 38–42.

3. Инновационные технические средства для садоводства [Текст] / В.В. Бычков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2010. – № 4. С. 68–72.

## ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСКОВОГО ПРЕДПЛУЖНИКА

Лешенко Е.В.<sup>1</sup>, Крук И.С.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Назаров Ф.И.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент, С.Б. Лавор<sup>1</sup>

<sup>1</sup>РУП «Научно-практический центр национальной академии  
наук Беларуси по механизации сельского хозяйства»,  
<sup>2</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»

**Введение.** Вспашка почвы с оборотом пласта имеет высокие энергетические затраты. Несмотря на это она остается преобладающим приемом основной обработки почвы на территории нашей страны. При вспашке происходит заделка растительных остатков в почву, что позволяет исключить их отрицательное воздействие на последующую поверхностную обработку и посев. Для качественной вспашки используется большое количество плугов различных конструкций и производительности. Для повышения степени заделки растительных остатков нами предлагается использовать в конструкциях плугов дисковые предплужники, устанавливаемые перед корпусами [1, 2]. Задача предплужника подрезать пласт почвы на глубину 0,10 м и направить точно на дно борозды, образованной предыдущим проходом корпуса плуга, после чего основной корпус засыпает растительные остатки почвой. Поэтому необходимо исследовать влияние параметров предплужника на дальность отбрасывания частиц почвы.

**Основная часть.** Цель исследований – оценить влияние технологических и конструктивных параметров экспериментального дискового предплужника на дальность отбрасывания почвы и растительных остатков и оборачиваемость срезаемого пласта.

На дальность отбрасывания частиц почвы предплужником оказывают влияние скорость движения агрегата и параметры установки сферического диска.

В ходе лабораторных исследований будут изменяться следующие параметры: угол атаки (от 10 до 40 град с шагом 5 град); угол крена (от -10 до 10 град с шагом 5 град); - глубина подреза пахотного слоя (8 – 12 см с шагом 1 см); рабочая скорость агрегата (7...11 км /ч с шагом 1 км/ч).

Для исследований влияния параметров дискового предплужника на степень заделки почвенных остатков в почвенном канале БГАТУ была собрана лабораторная установка (рис. 1).



Рисунок 1. – Лабораторная установка для исследования работы дискового предплужника

1 – контрольно-измерительное оборудование; 2 – рама; 3 – экспериментального образца дискового предплужника; 4 – тяговая тележка.

Разработана конструкция экспериментального образца дискового предплужника позволяющая изменять углы крена и атаки. Ее общий вид представлен на рисунке 2 [2].

Угол атаки регулируется поворотом дискового предплужника относительно стремянок: гайки стремянок отпускаются, предплужник поворачивают, после чего гайки стремянок затягивают надежно, фиксируя предплужник. Для замера угла атаки диска создано приспособление, представленное на рисунке 6. Приспособление состоит из transportира 1 с нанесенными на нем разметками угла, оси 2, соединяющей transportир и направляющей 3. Для замера угла атаки transportир прикладываем к диску, а направляющую совмещаем с шнурком натянутым параллельно рельсовому пути. Transportир укажет угол атаки.

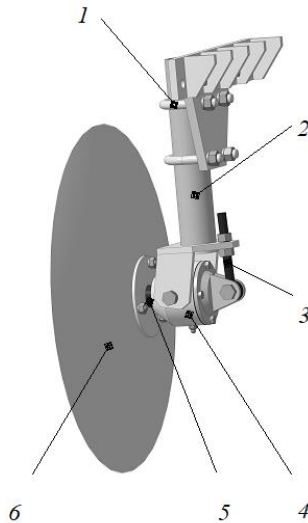


Рисунок 2. – Общий вид экспериментального образца дискового предплужника  
 1 – скоба, 2 – стойка, 3 – натяжник, 4 – подшипниковый узел, 5 – ось,  
 6 – сферический диск

Угол крена определяли с помощью уровня – угломера (рисунок 4), для этого к диску приложим направляющую, к ней уровень-угломер, пузырек уровня вывели на отметку ноль, соответственно лимб прибора покажет угол крена. Изменить и подкорректировать угол крена можно с помощью натяжника 3 (рисунок 1).

Дальности отбрасывания частиц почвы и глубину обработки измеряли линейкой (рисунок 5 и 6).

**Заключение.** Предложенная в статье методика и программа исследований дискового предплужника позволяет исследовать влияние параметров установки дискового предплужника на степень заделки растительных остатков в контролируемых условиях

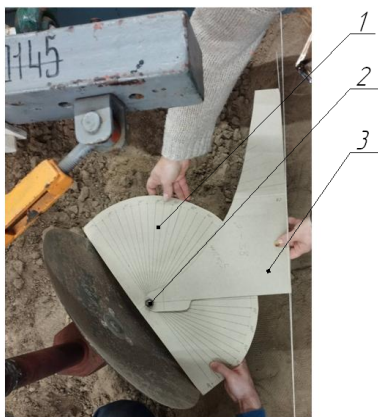


Рисунок 3. – Приспособление для установки угла атаки  
1 – транспортир, 2 – ось,  
3 – направляющая



Рисунок 4. – Определение угла крена  
уровнем – угломером



Рисунок 5 – Замер дальности  
отбрасывания почвы



Рисунок 6 – Замер глубины обработки  
почвы

## ЛИТЕРАТУРА

1. Определение кинематических параметров движения пласта почвы по рабочей поверхности дискового предплужника / И.С. Крук [и др.] // Агропанорама. – 2022. – № 4. (152) – С.14–18
2. Романцов, Ю.Ф. Дисковый предплужник для заделки измельченной соломы в почву / Ю.Ф. Романцов, В.А. Пшеничный // Проблемы механизации агрохимического обеспечения сельского хозяйства. – 2016. – № 10. – С. 220–222.

## **ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ГОСУДАРСТВ- ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА**

**Комлач Д.И., к.т.н., доцент, Бакач Н.Г., к.т.н., доцент,  
Володкевич В.И., Шах А.В.**

*РУП «Научно-практический центр национальной академии наук  
Беларуси по механизации сельского хозяйства»*

**Введение.** Стратегия национальной продовольственной безопасности государств-участников Евразийского экономического союза базируется на удовлетворении потребностей своих стран в собственной продукции растениеводства и животноводства. Это может быть достигнуто только на основе создания инноваций и их внедрения в процесс производства, интенсификации технологических процессов возделывания основных сельскохозяйственных культур в специализированных, преимущественно крупнотоварных, хозяйствах. Такой подход является общепризнанным на мировом уровне и системно сочетает комплекс организационно-экономических, технических и технологических факторов развития АПК.

**Основная часть.** Развитие сельскохозяйственной техники в настоящее время определяется рядом устойчивых тенденций, преобладающее значение из которых имеет разработка и освоение производства энергосредств с комплексами сельскохозяйственных машин и оборудования V и VI технологических укладов, позволяющих выполнять несколько технологических операций, имеющих высокие показатели качества конструкции и степени автоматизации рабочих процессов. Данные подходы касаются всех без исключения типов машин, начиная с техники для подготовки почвы и посева сельскохозяйственных культур и заканчивая оборудованием для хранения и переработки продукции.

Сельскохозяйственное машиностроение стран Евразийского экономического союза формировалось как составная часть машиностроительной отрасли Советского Союза. Предприятия

республик имели достаточно узкую специализацию и обеспечивали своей продукцией многие регионы страны. При этом практически не принимались во внимание вопросы необходимости создания и развития производства дополнительной номенклатуры техники в соответствии с потребностью народного хозяйства каждой республики, а значительная часть машин и оборудования в них завозилась. Так, объем производства техники в Беларуси в 1990 году составлял 10-12% от необходимого перечня машин. Однако благодаря значительной государственной поддержке в республике освоено собственное производство около 85% технических средств, востребованных отечественным АПК. Вместе с тем, несмотря на принятые меры, обеспеченность хозяйств по некоторым видам техники составляет в среднем 75-80 %, а уровень затрат на производство основных видов продукции растениеводства в 1,3-1,5 раза выше, чем в развитых странах Европы [1]. В целом, по странам-участникам Евразийского экономического союза, динамика оснащения сельскохозяйственного производства сложной техникой является отрицательной, т.е. проблемы государств схожи. Так, например, в Российской Федерации численность тракторов сократилась более чем на 33%, зерноуборочных комбайнов – на 35%. В республиках Беларусь и Казахстан темпы сокращения техники за аналогичный период значительно ниже. Так, в Казахстане численность тракторов сократилась на 16%, зерноуборочных комбайнов – на 14%, в Беларуси – соответственно на 10% и на 5%. Следует отметить, что такая тенденция отмечается и в странах с развитым сельским хозяйством, однако это не является показателем снижения технической оснащенности сельскохозяйственного производства. В США и Германии, например, сокращение парка технических средств происходит на фоне увеличения их мощности, совершенствования конструкции и повышения надежности. Анализируя количество тракторов, которое приходится на 1000 га пахотных земель, можно отметить, что самый высокий показатель имеет Германия – более 85 единиц. В США на 1000 га пахотных земель приходится 26,8 тракторов, в Канаде – 15,6, Беларуси – 11,7, России – 6,2 и Казахстане – 2,3 трактора.

В настоящее время в Республике Беларусь реализуется стратегия повышения уровня энергооснащенности АПК за счет

применения инновационной мощной техники и поставки сельскохозяйственным товаропроизводителям широкой номенклатуры машин и оборудования, отвечающих современному техническому уровню, конкурентоспособных как на внутреннем, так и на внешнем рынках. Республика Беларусь имеет один из самых высоких показателей энергооснащенности – 404 л.с. на 100 га.

Следует отметить, что сокращение численности машинно-тракторного парка приводит к динамичному росту нагрузки пахотных и посевных площадей на единицу техники, а это нарушение агросроков, и как следствие, потери продукции. Поэтому требуется не замена тракторов и сельхозмашин на новые с прежними техническими характеристиками, а обновление парка техническими средствами качественно нового поколения, которые обеспечат существенный рост производительности труда, экономию топлива и энергии, создадут в полеводстве оптимальные условия для возделывания сельскохозяйственных культур, что позволит, в конечном итоге, реализовать наиболее перспективные машинные технологии, осуществлять эффективное производство дешевой и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции.

Системный принцип развития механизации сельского хозяйства в условиях функционирования Евразийского экономического союза может быть реализован только за счет формирования экономически целесообразной номенклатуры технологически взаимоувязанных технических средств на основе научно обоснованной системы перспективных машин и оборудования в рамках Единого экономического пространства. Это позволит обеспечить возможность полнокомплектной поставки технических средств для инновационных технологий; сбалансированность создания и освоения производства машин и оборудования исходя из реальных финансовых возможностей, потенциала научно-исследовательских и конструкторских организаций и организаций-изготовителей сельскохозяйственной техники, максимальной эффективности в сфере производства и использования техники, рациональном ограничении номенклатуры технических средств, сокращении металло- и энергоемкости путем создания оптимальных типоразмерных рядов, агрегатной унификации и универсализации машин, автоматизации и компьютеризации технологических процессов.

В Республике Беларусь сформированы и поэтапно реализуются Системы машин для растениеводства и животноводства, основанные на новейших достижениях в области механизации сельского хозяйства. Так, на первом этапе (2006–2010 годы) создано и освоено производство машин для сокращения закупок импортных аналогов, обеспечения агрегатирования с отечественными тракторами мощностью до 250 л.с., механизации уборки урожая зерноуборочными комбайнами с пропускной способностью до 12 кг/с, послеуборочной доработки зерна на зерноочистительно-сушильных комплексах производительностью до 30 плановых тонн в час, замена морально изношенной и низкопроизводительной техники и оборудования. В результате его реализации удалось сократить поставки машин из-за рубежа, создать и освоить производство тракторов мощностью от 150 л.с. и выше; типоразмерного ряда машин для растениеводства шириной захвата до 6 метров и другой техники. Второй этап реализации Системы машин (2011–2015 годы) позволил обновить машинно-тракторный парк на 40–50 % более высокопроизводительными машинами и оборудованием, применением биогазовые установки и оборудования для возобновляемых источников энергии, увеличить применение автоматизированной техники с внедрением систем точного земледелия. На третьем этапе реализации Системы машин (2016–2020 годы) осуществлялось создание отечественных тракторов с мощностью двигателя 350 л.с. и более, высокопроизводительного комплекса почвообрабатывающих и почвообрабатывающе-посевных агрегатов шириной захвата 12 м и более, зерноуборочных комбайнов с пропускной способностью 16 кг/с и более и кормоуборочных комплексов с мощностью двигателя 450 л.с. и более.

В настоящее время в Республике Беларусь разработана и одобрена Правительством Система машин для реализации перспективных технологий производства основных видов сельскохозяйственной продукции на 2021-2025 годы и на период до 2030 года [2].

В ней предусматривается:

- повышение единичной мощности энергетических средств, грузоподъемности транспортных машин, пропускной способности уборочных комбайнов;

- увеличение ширины захвата прицепных и навесных рабочих машин, способных работать на повышенных скоростных режимах;
- выявление и устранение «узких мест» в механизации отдельных и взаимосвязанных технологических процессов;
- улучшение технических и эксплуатационных свойств каждой отдельной машины с целью повышения ее экономической эффективности и другие.

Реализация Системы машин позволит приблизиться вплотную к показателям удельных затрат на производство сельскохозяйственной продукции лучших зарубежных стран:

- в растениеводстве снизить удельные затраты труда при производстве продукции зерновых и зернобобовых культур на 40 %, уменьшить затраты топлива в целом по отрасли на 20–25 %;
- в животноводстве – снизить удельные трудозатраты на производство молока до 3-4 чел.-ч на 1 ц и потребление электроэнергии до 4–6 кВт-ч/ц.

**Заключение.** С позиций интеграции агроинженерной науки и сельскохозяйственного машиностроения стран Евразийского сообщества целесообразно и необходимо проведение совместных работ по созданию единой системы машин в целях оптимального распределения производства сельскохозяйственной техники и запасных частей, планомерного и масштабного перехода к ресурсо-энергосберегающим технологиям, принятия эффективных решений по техническому переоснащению АПК, организации стабильного производства продукции и повышения уровня продовольственной независимости государств.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комлач, Д.И. Становление и развитие отечественного сельхозмашиностроения за период новейшей истории Беларуси. Проблемы и пути решения. / Д.И. Комлач, Л.Я. Степук // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 окт. 2022 г.) / редкол.: П. П. Казакевич [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 12–18.

2. Комлач, Д.И. Формирование структуры парка сельскохозяйственной техники в растениеводстве на основе реализации системы перспективных машин / Д.И. Комлач, Н.Г. Бакач, В.И. Володкевич, А.В. Шах // Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : материалы междунар. науч.-техн. конференции посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20–21 октября 2022 г.) /редкол. : П.П. Казакевич [и др]. – Минск : Беларуская навука, 2022. – С. 41–46.

УДК 631.171/62-529

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ПУТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Азаренко В.В.<sup>1</sup>, член-корреспондент НАН Беларуси, д.т.н.,  
Бакач Н.Г.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент**

*<sup>1</sup>Национальная академия наук Беларуси,  
<sup>2</sup>РУП НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства),  
г. Минск, Республика Беларусь,*

**Введение.** Обеспечение механизации и автоматизации технологических процессов производства сельскохозяйственной продукции в агропромышленном комплексе определяет уровень развития сельского хозяйства. При этом большую роль в данном направлении занимает агроинженерная наука, которая направлена на обеспечение технического уровня сельского хозяйства, отвечающий современным требованиям производства растениеводческой и животноводческой продукции [1].

В тоже время сегодня сельхозпроизводители при производстве растениеводческой продукции сталкиваются с различными проблемами.

Во-первых, это климатические факторы, такие как осадки, температура и влажность, которые играют важную роль в жизненном цикле сельского хозяйства. В зависимости от

климатических изменений сельхозпроизводителям порой сложно принимать решения о сроках подготовки почвы, посева семян и уборке урожая.

Во-вторых, каждая культура требует определенного питания и ухода, без которых невозможно получить высококачественную продукцию.

Поэтому отрасль ищет пути их решения, в том числе, позволяющие выращивать более здоровые культуры, бороться с вредителями, контролировать почву и условия выращивания, систематизировать данные, помогать с рабочей нагрузкой и улучшать широкий спектр задач, связанных с сельским хозяйством, во всей цепочке выращивания и поставок продуктов питания. И одним из путей является использование цифровых и сенсорных технологий, спутниковой навигации, технологии позиционирования, а также Интернета вещей для мониторинга и оптимизации процессов сельскохозяйственного производства.

**Основная часть.** Сегодня значимость цифровых технологий в жизнедеятельности человека, и особенно, для производства сельскохозяйственной продукции – ощутима.

Как известно, процесс производства растениеводческой продукции многовекторный и в зависимости от возделываемой культуры включает различные этапы, которые можно разделить на несколько частей [2] (*рисунок 1*).

Начальный этап – это подготовка почвы, включающая в себя процессы по созданию идеальных условий для посева семян.

Следующий – посев семян, где важную роль играют такие климатические условия, как температура, влажность и количество осадков, а также соблюдение требуемого расстояния между семенами и глубины их заделки.

Также важным этапом является внесение удобрений, которое направлено на поддержание плодородия почвы и выращивание здоровых культур и качество урожая и так далее.

В тоже время следует отметить широкое разнообразие размеров и видов сельхозпроизводства, климатических условий, методов ведения сельского хозяйства и производства в сельхозпредприятиях Республики Беларусь.

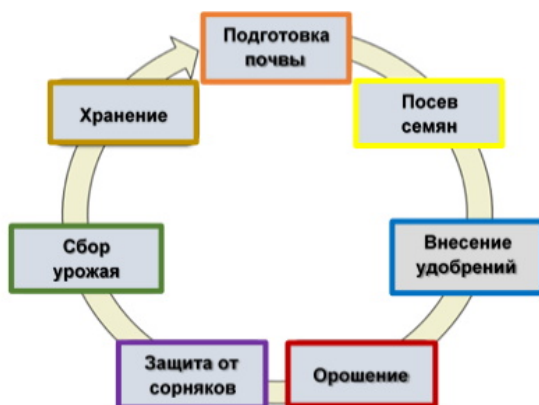


Рисунок 1. – Жизненный цикл производства растениеводческой продукции

Сегодня можно уже констатировать, что в какой-то мере, наблюдается и технический разрыв между мелкими и крупными сельхозпроизводителями, поскольку мелким хозяйствам и фермерам порой не хватает инвестиционного капитала для приобретения современных технологий.

Поэтому ученые Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства, основной деятельностью которого является создание современных отечественных комплексов машин и оборудования для механизации и автоматизации технологических процессов сельскохозяйственного производства, работают по созданию цифровых и автоматизированных систем отечественного производства.

Известно, что производство растениеводческой продукции включает технологические операции, где для их выполнения сочетаются энергосредство и сельскохозяйственная машина. При этом рациональное их сочетание позволяет получать и экономическую выгоду.

Для автоматизированного комплектования рациональных машинно-тракторных агрегатов, нормирования работ самоходных и стационарных машин, экономического расчета технологической операции учеными НПЦ разработано онлайн-приложение «Agronaut» (рисунок 2), в котором сформированы отдельные



мгновенный расход топлива, давление во впускном коллекторе, температура во впускном коллекторе, экономия/перерасход топлива в зависимости от заданной нормы расхода топлива, удельный расход топлива и др. При этом все полученные данные передает на сервер по GSM/GPRS каналу связи.

Одновременно, создано и программное обеспечение, позволяющее взаимодействовать с узлами и агрегатами, визуализировать параметры МТА. Взаимодействие с сельскохозяйственным оборудованием осуществляется по стандарту SAE J1939 и ISO 11783 «ISOBUS».

Данная система дистанционного мониторинга позволяет в режиме реального времени определять состав МТА, отображать маршрут движения с указанием пройденного пути, общее время работы, отклонение расхода топлива от установленного по норме для данного вида работ, максимальную и среднюю скорости движения агрегата, а также расчет обработанной площади и другие параметры.

В системе ухода за пропашными культурами учеными разработана автоматическая управляемая навесная система для ориентации пропашного культиватора по рядкам относительно трактора с помощью систем технического зрения и автоматического управления. В основу работы аппаратно-программного обеспечения положена концепция использования оптического сигнала для получения визуальной информации о положении растений в рядке, которая передается на блок управления, а тот, в свою очередь, посредством гидроцилиндров смещает культиватор в нужную сторону.

Например, при обработке сахарной свёклы система технического зрения способна на основе использования технологии искусственных нейронных сетей глубокого обучения четко определять листья свёклы, а специально разработанный алгоритм выявления центра междурядья направляет подвижную часть культиватора в требуемую сторону для нивелирования неточности хода трактора.

Одними из трудоемких процессов в производстве овощной продукции является подготовка их к реализации, где в основном используется физический труд. При этом максимальным фактором их рыночной стоимости является внешний вид. Поэтому учеными

НПЦ совместно с программистами Объединенного института проблем информации НАН Беларуси создано программное обеспечение для оптической системы распознавания некондиционных клубней картофеля, где полученные с видеокamеры изображения клубней обрабатываются и формируются в образы, с последующим распознаванием и подачей сигнала исполнительному устройству системы автоматической инспекции для удаления некачественного картофеля, которое происходит под струей сжатого воздуха. Апробация данного программного обеспечения проходила на созданном макетном образце, состоящего из рамы, вальцово-падающего конвейера, механизмов привода, системы распознавания, включающей видеокamеру и персональный компьютер, и пневматическую систему отделения (рисунок 3) [3]. Данная система позволяет повысить качество технологического процесса сортировки картофеля и сократить затраты ручного труда на предпродажную доработку клубней.



Рисунок 3. – Макетный образец автоматической сортировальной машины

Начальный этап – это подготовка почвы, включающая в себя процессы по созданию идеальных условий для посева семян.

Следующий – посев семян, где важную роль играют такие климатические условия, как температура, влажность и количество осадков, а также соблюдение требуемого расстояния между семенами и глубины их заделки.

Также важным этапом является внесение удобрений, которое направлено на поддержание плодородия почвы и выращивание здоровых культур и качество урожая и так далее.

**Заключение.** Следует отметить, что цифровизация и автоматизация сельскохозяйственной практики позволяет производить сельскохозяйственную продукцию со все более высокой эффективностью и все более низким воздействием на окружающую среду и, главное, независимым от влияния человеческого фактора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бакач, Н.Г. Технический прогресс в сельском хозяйстве Республики Беларусь и 75-летняя роль в нем НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства/ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20-21 октября 2022г.) – Минск: Белорусская наука, 2022. – с.19-26.

2. Иванов Н.М., Бакач Н.Г. Точное земледелие – главный аспект для развития АПК Беларуси и Сибири. // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы Международной научно-технической конференции (р.п. Краснообск, 7–8 октября 2021г.) / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агроботехнологий Российской академии наук. – Новосибирск, 2021. – С. 7–12.

3. Курилович М.И., Голдыбан В.В. Основные требования к системам отделения некондиционных клубней картофеля/ Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве: материалы междунар. научн.-техн. конф., посвящ. 75-летию образования РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства» (Минск, 20-21 октября 2022г.) – Минск: Белорусская наука, 2022. – С. 76–78.

## ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Маркевич А.Е.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Крук И.С.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Бекбосынов С.Б.<sup>3</sup>, к.т.н., профессор, Болат Унат<sup>3</sup>, Анищенко А.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ООО «Ремком»,

<sup>2</sup> Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»,

Казахский национальный аграрный исследовательский  
университет

### Введение

Основными операциями при применении химического метода защиты растений являются протравливание семян и опрыскивание посевов для защиты от сорняков, вредителей и болезней. Потери пестицидов можно разделить на зависящие и независящие от устройства и параметров работы машин. К независящим от машин относятся потери при хранении на складах, перефасовке и транспортировке пестицидов. Каждый вид потерь пестицида имеет ряд причин и вполне реальную количественную оценку. Кроме того, современный уровень развития техники для защиты растений позволяет значительно снизить эти потери и уменьшить нормы внесения пестицидов.

**Основная часть.** Потери пестицидов при опрыскивании начинаются с неравномерного распределения рабочей жидкости вдоль штанги опрыскивателя. Причины этой неравномерности можно классифицировать следующим образом.

*Неравномерная производительность распылителей.*

Агротехнические требования допускают отклонение до 5 % от средней производительности по распылителям, установленным на штанге. Однако современные технологии производства распылителей и новейшие конструкционные материалы позволяют снизить реальное отклонение до 1 %. Во время эксплуатации происходит износ кромок сопла распылителя и площадь проходного сечения увеличивается. Это приводит к изменению

производительности распылителей, установленных на штанге, и к необходимости проведения их калибровки.

*Неидентичность эпюр распределения жидкости отдельных распылителей.*

Причиной этого могут служить отклонения параметров технологического процесса при изготовлении распылителей, износ сопла, неверная пространственная ориентация распылителя (плоскость факела должна составлять угол  $7-10^\circ$  с осью штанги).

*Несоответствие технологического режима работы распылителей и высоты расположения штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности.*

К параметрам технологического режима относятся шаг расстановки распылителей и давление жидкости в напорной магистрали опрыскивателя. Целью является решение интерполяционной и, по возможности, экстремальной задачи минимизации неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя, если в качестве выходного параметра принять коэффициент вариации  $v$ . Наиболее эффективно задача решается методами планирования эксперимента. Для каждого типа распылителей необходимо получить математические модели, показывающие зависимость  $v$  (%) от давления жидкости ( $P=0,25\dots 0,55$  МПа) и высоты установки штанги ( $H=0,5\dots 0,96$  м). Обработка моделей методом сечений поверхности отклика позволяет, в дальнейшем, определить оптимальное сочетание входных факторов [1, 2]. Результаты исследований различных типов распылителей, показывают, что неравномерность можно снизить до 1,0-3,5% [2]. Причем имеется возможность эксплуатировать некоторые типы распылителей с шагом расстановки на штанге 1,0 и даже 1,5 м в том диапазоне факторного пространства, где коэффициент вариации не превышает 15 % в соответствии с агротехническими требованиями.

Это позволяет снизить количество рабочей жидкости вносимой на единицу площади посевов, что, в свою очередь, значительно увеличивает производительность опрыскивателя за счет снижения технологических простоев.

Анализ причин неравномерности распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя показывает, что коэффициент вариации

может достигать 20-25% даже при правильно подобранных, не изношенных распылителях и технически исправных базовых узлах опрыскивателя. В реальных эксплуатационных условиях это значение выше в 2,0-2,5 раза.

Таблица 1. – Диапазон изменения коэффициента вариации распределения жидкости вдоль штанги опрыскивателя

Марка распылителя	Диапазон изменения $v(\%)$ при шаге L расстановки распылителей на штанге		
	L=0,5 м	L=1,0 м	L=1,5 м
TwinJet TJ80.04 (Teejet)	2,5-6,0	-	-
DG 110.05 VS (Teejet)	1,55 – 3,62	-	-
AI 110.02 VS (Teejet)	2,97 – 12,31	-	-
DB 120.04 (Lurmark)	2,65 – 6,22	-	-
INJET 02 (Hardi)	2,66 – 9,38	-	-
ID 120.02 (Lechler)	3,42 – 4,87	-	-
110.04 (Teejet)	1,0-5,5	6,6-18,1	-
TQ150.04 (Teejet)	3,0-13,5	8,0-16,8	18,2-33,8
Turbo TT 110.04 (Teejet)	2,9-5,0	5,8-15,6	9,6-46,9

Вторым фактором, влияющим на потери пестицидов, является неравномерность распределения рабочей жидкости в направлении движения опрыскивателя, которую также характеризуют коэффициентом вариации  $v$ . Его значение достигает 25 %. Эти потери связаны с невозможностью поддержания постоянной скорости движения опрыскивателя по полю из-за особенностей рельефа, плохого качества обработки почвы, неопытности или низкой квалификации оператора. Для снижения влияния этих факторов современные опрыскиватели оборудуются компьютерными системами, обеспечивающими автоматическое поддержание необходимой нормы внесения рабочей жидкости на гектар. Компьютер получает входную информацию с импульсного датчика  $S$ , обеспечивающего подсчет частоты вращения колеса опрыскивателя, а так же с расходомера  $F$ , фиксирующего количество жидкости, подающейся в единицу времени к распылителям. Обработав входную информацию, компьютер проводит автоматическую коррекцию давления рабочей жидкости в

системе нагнетания опрыскивателя для обеспечения заданной нормы внесения. Подобные компьютерные системы имеют ряд дополнительных преимуществ, обеспечивая удаленное управление процессом опрыскивания из кабины оператора, упрощая настройку опрыскивателя и обладая множеством информационных функций.

Коэффициент вариации является статистической характеристикой, определяющей потери в неявной форме. Если принять, что колебания количества отложившегося препарата на единице обработанной площади подчиняются нормальному закону распределения (рисунок 1), то в качестве заданной нормы внесения можно рассматривать величину  $Q_{cp}$ . При этом половина точек отбора проб будет содержать большее количество отложений и, по сути, будет характеризовать потери в явной форме. Норму внесения рабочей жидкости на гектар обычно задают с учетом возможных потерь, и она значительно выше биологически необходимой дозы  $Q_0$ . Вероятность попадания в зону, расположенную левее линии  $Q_0$  должна быть крайне низкой (не более 1%), т.к. эффективность применения пестицида будет равна нулю.

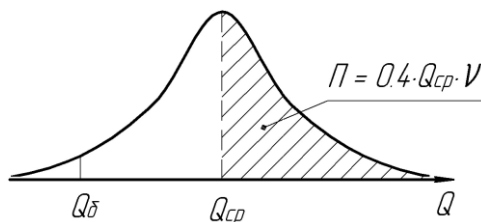


Рисунок 1. – К вопросу определения потерь пестицидов

Для нормально распределенной случайной величины существует зависимость [3]:

$$\sum_{i=1}^n |Q_i - Q_{cp}| / n \approx 0,8\sigma, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – количество рабочей жидкости, отложившейся в  $i$ -той точке объекта обработки;

$n$  - количество точек отбора проб;

$\sigma$  - среднее квадратическое отклонение количества отложившейся рабочей жидкости.

Учитывая, что к потерям можно отнести только заштрихованную половину площади, ограниченной осью и кривой на рисунке 1, и разделив обе части (1) на  $Q_{cp}$ , получим, что доля потерь рабочей жидкости пропорциональна  $0,4v$ . Переходя от процентных соотношений к физическим величинам, потери  $\Pi$  можно рассчитать по формуле:

$$\Pi \approx 0,4Q_{cp} v, \quad (2)$$

где  $v$  - коэффициент вариации, выраженный в долях единицы.

Таким образом, снижение неравномерности распределения жидкости, как вдоль штанги опрыскивателя, так и в направлении его движения является важным резервом экономии пестицидов.

Многочисленными исследованиями установлены оптимальные диапазоны размеров капель для различных видов пестицидов: гербициды – 200...250 мкм, инсектициды и фунгициды - 70...150 мкм [4].

Фракции капель с диаметром менее 50 мкм подвержены испарению, сносу ветром и восходящими потоками воздуха. Время существования таких капель до полного испарения меньше времени их гравитационного осаждения, поскольку скорость их оседания в спокойном воздухе не превышает 0,15 м/с. Поэтому такие капли практически не достигают поверхности объекта обработки. Капли диаметром более 300 мкм плохо удерживаются на поверхности растений и стекают на землю. Таким образом, дробление рабочей жидкости как на очень мелкие, так и на очень крупные капли является экономически и экологически нецелесообразным. Несмотря на наличие в факелах стандартных щелевых распылителей большое количество капель размером менее 50 мкм (до 40 % от общего количества) [1, 2], содержащийся в них объем жидкости незначителен и колеблется в пределах 0,03...1,53 % от общего расхода.

Значительные потери могут возникнуть с каплями размером более 300 мкм [5]. Объем жидкости в этих каплях, несмотря на

небольшое их количество (до 4 % от общего числа капель), колеблется для щелевых распылителей в пределах: 17... 55 %.

Для снижения потерь из-за неоптимальных размеров капель наиболее перспективным является использование распылителей, образующих низкократные пены. При работе таких распылителей каждая капля, выходящая из сопла, содержит в себе один или несколько пузырьков воздуха, что значительно снижает ее вес и повышает адгезионные свойства. Количество мелких капель в факелах таких распылителей очень незначительно.

Наличие огрехов и перекрытий соседних проходов опрыскивателя связано с отсутствием визуальных ориентиров для оператора на поле. Эта проблема наиболее актуальна при отсутствии технологической колеи. До 10 % площади подвергается двойной обработке. Наиболее простым и дешевым решением является применение пенных маркеров, устанавливаемых на концах штанги и генерирующих пенные метки, которые откладываются на поверхности почвы и в течение достаточно длительного времени (до 30 мин.) служат ориентирами вождения.

Применение систем глобального позиционирования (GPS), позволяющих оператору отслеживать и корректировать отклонение опрыскивателя от заданного направления движения, информация о котором передается со спутника на специальный ресивер, а затем на дисплей расположенный в кабине трактора.

Количественная оценка (таблица 2) потерь пестицидов была рассмотрена в разрезе их применения на различных культурах.

Таблица 2. – Резервы снижения потерь пестицидов при использовании современных технических средств

Вид пестицида	Стоимость обработки долл. США/га	Возможное снижение потерь, % (долл. США)				
		неравномерность по ширине штанги	неравномерность в направлении движения	снос и испарение мелких капель	потери крупных капель	неточность вождения агрегата
		до 10%	до 10%	до 1,5 %	до 15%	до 10%
Гербициды:						
зерновые	9,8	0,98	0,98	0,147	1,47	0,98
кукуруза, рапс	48,5	4,85	4,85	0,728	7,28	4,85
лен	11,2	1,12	1,12	0,168	1,68	1,12
Инсектициды	4,8	0,48	0,48	0,072	0,72	0,48
Фунгициды	27,9	2,79	2,79	0,419	4,19	2,79

Анализ таблицы показывает, что экономия финансовых средств за счет снижения потерь пестицидов может составить: по гербицидам – 4,55 долл. США/га на зерновых, 22,56 долл. США/га на кукурузе и рапсе, 5,21 долл. США/га на льне, по инсектицидам – 2,23 долл. США/га и по фунгицидам – 12,68 долл. США/га в среднем по всем культурам.

Потери, связанные с неравномерным отложением препарата на семенах, оцениваются коэффициентом вариации и, в настоящее время, изучены недостаточно. Однако конечная цель процесса протравливания заключается в нанесении на каждую семянку одинакового количества пестицида с максимально равномерным его распределением по поверхности. Для ее достижения необходимо разработать новые технические средства и методы контроля технологического процесса.

### **Заключение**

Потери пестицидов при применении химического метода защиты растений, связанные с несовершенством технических средств его реализации, в настоящее время составляют до 50 % при опрыскивании и до 25 % при протравливании. Применение более совершенных технических средств позволит их снизить до 5–10 %, что в финансовом исчислении составит более 20 долл. США/га по зерновым культурам и льну, до 38 долл. США/га по кукурузе и рапсу.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ключков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 228 с.
2. Классификация потерь пестицидов и их оценка / А.В. Ключков [и др.] // Инженерный вестник – 2007 – № 1 (23), с. 4–7.
3. Чеботарев А.С. Способ наименьших квадратов с основами теории вероятностей. – М.: Изд-во геодез. лит., 1958.
4. Лысов А.К. Механизация на распутье.// Защита растений, 1992 г., № 10, с. 10.
5. Шершабов И.В. Расчеты физических потерь препаратов.// Защита растений, 1991 г., № 3. С. 42.

## **СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЕГО РАБОТЫ**

**Крук И.С.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Маркевич А.Е.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,  
Карпович С.К.<sup>3</sup>, к.э.н., доцент, Юркевич С.Б.<sup>4</sup>, Зубович В.Д.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Учреждение образования «Белорусский государственный  
аграрный технический университет»,*

<sup>2</sup>*ООО «Ремком»,*

<sup>3</sup>*Министерство сельского хозяйства и продовольствия  
Республики Беларусь,*

<sup>4</sup>*Республиканское объединение «Белагросервис»*

**Введение.** Возрастающие требования к качеству внесения средств химизации в растениеводстве предъявляют жесткие условия к конструкциям средств механизации. Агрегаты должны обеспечивать качественное внесение пестицидов при наименьших расходе и потерях рабочего раствора. Работа опрыскивателей предусматривает последовательное выполнение следующих технологических операций: приготовление рабочего раствора пестицидов; его дозирование; подача, распыление и транспортирование капель к обрабатываемой поверхности.

Одним из показателей качества является равномерность распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности в продольном и поперечном направлениях, которая во многом определяется правильной работой распылителей, постоянством расстояния между ними и обрабатываемой поверхностью в процессе работы агрегата. Следует учитывать, что увеличение ширины захвата приводит не только к повышению производительности агрегата, но и влечет увеличение массы несущей конструкции штанги, снижение ее надежности и качество проведения опрыскивания. Правильная установка штанги над обрабатываемой поверхностью имеет решающее значение для

равномерного распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности.

**Основная часть.** Установка штанги относительно обрабатываемого объекта характеризуется двумя основными параметрами: высота установки и угол наклона. Оптимальной считается высота, при которой пересечение факелов распыления рабочей жидкости происходит на середине расстояния между штангой и обрабатываемой поверхностью. Для полевых опрыскивателей, в конструкции которых используются щелевые распылители, высота установки штанги может находиться в пределах 0,30...0,70 м от выходного сопла до обрабатываемой поверхности, а с учетом высоты посевов, может быть более 2,0 м над поверхностью земли. Высота штанги определяется углом при вершине факела распыла распылителя: чем он больше, тем меньше ее высота над обрабатываемой поверхностью. В большинстве случаев настройка высоты выполняется исходя из отношения расстояния между распылителями к высоте, равного 1:1. Например, плоскоструйные распылители с углом распыления 110...120° и расстоянием 0,5 м друг от друга устанавливаются на высоте 0,5 м над обрабатываемой поверхностью. Допускается установка штанги на высоту до 0,75 м, но при этом надо либо увеличить шаг расстановки распылителей до 0,75 м, либо использовать распылители с углом распыления 80...90°, учитывая отношение расстояния между распылителями к высоте 1:1,5 [1,2]. Критическим фактором является достижение двойного перекрытия рисунка распыления. При изменении высоты штанги всего на 10 см расход рабочей жидкости в зоне перекрытия увеличивается на 40 %, а в остальной зоне – снижается на 30 % [3].

В конструкциях полевых штанговых опрыскивателей изменение высоты установки штанги над обрабатываемой поверхностью осуществляется с использованием гидравлической или электрической систем энергетического средства. При этом данный процесс может осуществляться следующими способами: штанга навешивается на шток гидроцилиндра изменения высоты, штанга навешивается на параллелограммный механизм изменения высоты, звенья которого изменяют угол наклона при помощи одного или двух гидроцилиндров, высота установки штанги

изменяется при помощи элементов гибкой связи (тросо-блочная система).

Для точного расположения штанги над обрабатываемой поверхностью и корректировки его в процессе работы в конструкциях современных опрыскивателей используются автоматизированные системы контроля и управления, основанные на использовании различных датчиков.

Вторым немаловажным параметром, влияющим на равномерность распределения рабочего раствора по обрабатываемой поверхности, является угол установки штанги относительно обрабатываемой поверхности (рисунок 1 *а, б*).

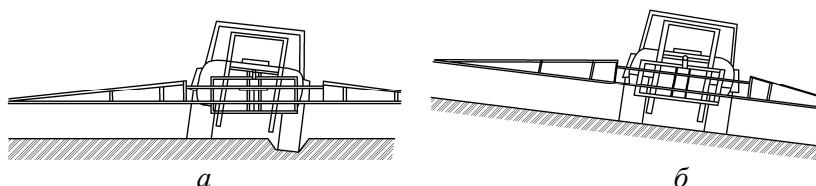


Рисунок 1. – Схема расположения штанги над обрабатываемой поверхностью: *а* – при движении колеса в неровности; *б* – при движении по склону

Важным условием качественной работы опрыскивателя является постоянство расстояния между распылителями и обрабатываемой поверхностью по всей длине штанги. Изменение угла наклона штанги приводит к нарушению геометрии факелов распыла, что влечет перераспределение рабочей жидкости по ширине захвата. При этом неравномерность тем выше, чем больше угол уклона. При наклоне крайней секции штанги ухудшается качество распределения жидкости более чем в 2 раза, причем в большей степени это сказывается при установке узкофакельных распылителей. Поэтому при движении по склону должна соблюдаться параллельность установки штанги обрабатываемой поверхности [4].

Для регулировки угла установки штанги в вертикальной плоскости относительно горизонта в конструкциях опрыскивателей имеются соответствующие механизмы, которые в зависимости от способа выполнения процесса подразделяются на механического, электрического, гидравлического и комбинированного действия [5–10]. Принцип их действия данных механизмов основан на

возможности смещения центра тяжести штанги относительно опоры (подвеса). При этом в конструкциях опрыскивателей используются механизмы изменения угла наклона всей штанги, или отдельно каждого ее крыла или каждой секции.

Механизмы механического действия широко используются в конструкциях отечественных опрыскивателей. Они содержат винтовой (пара винтовых) механизм, при помощи которого регулируется угол наклона штанги. Недостатками механизмов данной группы являются присутствие ручного труда механизатора и необходимость совершения остановок для регулировки угла положения штанги, что в условиях постоянного изменения рельефа почвы приводит к большим потерям времени на настройку агрегата, соответственно, к снижению производительности агрегата. Кроме того, для изменения угла наклона штанги данным способом механизатору необходимо приложить большое усилие (масса штанги может быть более 600 кг). Также имеет место большая погрешность параллельности установки штанги. Растворы пестицидов, обладая активным коррозионным действием и взаимодействуя с пылью, воздействуют на рабочие поверхности элементов резьбового механизма, что требует постоянного ежесменного ухода. Применение механизмов механического действия не исключает установку системы автоматизированного контроля за положением штанги, но не позволяет производить регулировку угла наклона штанги в автоматическом режиме.

Для точного копирования рельефа поля на крайних секциях штанги опрыскивателей могут устанавливаться дополнительные опорные колеса [9]. Однако они эффективны при довосходных обработках, так как при движении по технологической колее возможны повреждения всходов даже при отклонении движения агрегата на 0.10 м.

В конструкциях современных опрыскивателей широко используются механизмы гидравлического и электрического действия, управление которыми осуществляется из кабины трактора [5–8]. Использование механизмов изменения углов наклона электрического и механического действия позволяет применять в конструкциях опрыскивателей датчики и системы автоматизированного управления положениями штанги для более точной установки при работе на склонах. Датчики измеряют

расстояние от штанги до земли и позволяют контролировать параллельность расположения штанги. Однако существенное усложнение конструкции влечет повышение стоимости самого опрыскивателя.

Анализируя конструкции механизмов и систем обеспечения регулировки положения распределительной штанги относительно обрабатываемой поверхности, следует отметить, что в настоящее время предпочтение отдается системам автоматизированного контроля, основанным на использовании гидравлических, электрических и гидромеханических механизмов изменения угла наклона штанг.

При проектировании механизмов изменения угла наклона штанги необходимо учитывать усилие, необходимое для смещения штанги (масса более 600 кг [8]), воздействие на рабочие элементы кратковременной ударной нагрузки (до 100 кг), условие обеспечения быстроты изменения угла наклона и увеличения цены опрыскивателя вследствие модернизации.

В результате проведенных исследований условий работы и конструкций опрыскивателей были определены требования, которым должна отвечать система микропроцессорного автоматизированного регулирования и ее узлы, а также обоснованы ее технические характеристики/ При этом в алгоритм работы системы заложены следующие требования:

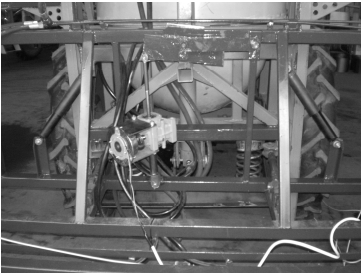
- 1) погрешность измерения расстояния между штангой и обрабатываемым объектом – 0,04 м;
- 2) диапазон измерения 0,2...2,0 м;
- 3) продолжительность постоянного измерительного сигнала, после которого вырабатывается управляющее воздействие на исполнительный привод, 3 с.

Первое требование введено в связи с вероятной невыровненностью поверхности поля и возможными колебаниями штанги, поэтому в пределах перепадов измерений между двумя датчиками до 0,04 м система изменять положение штанги не будет.

Второе – в соответствии с требованиями изменения высоты установки штанги над обрабатываемой поверхностью, чтобы в этих пределах сила сигнала, подаваемого датчиком, оставалась постоянной.

Третье – с целью исключения случайных сигналов, подаваемых датчиками. Так, например, если на пути сигнала попался камень или временная неровность, то система на них не отреагирует, так как через 3 с повторный сигнал их не обнаружит.

В соответствии с предъявленными требованиями в Белорусском государственном аграрном техническом университете совместно с ГНУ «Институт физики имени Б.И. Степанова НАН Беларуси» разработана и изготовлена конструкция системы микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности СМАР-1, состоящая из датчиков положения штанги, микропроцессорной электроники обработки измерительной информации и выработки управляющего сигнала, силовой установки. Ее исполнительными элементами управления штангой могут выступать как механизмы с электрическим (рисунок 2,а), так и гидравлическим (рисунок 2,б) принципами действия.



а



б

Рисунок 2. – Механизмы управления штангой опрыскивателя ОШ-2300-18 электрического (а) и гидравлического (б) действия

В системе использованы ультразвуковые датчики положения, выбор которых обусловлен слабым искажением сигнала при прохождении через облако распыленной жидкости, образующееся при работе опрыскивателя. Также этот выбор оправдан необходимостью привязки к поверхности поля, а не к растительному покрову. Сигнал, образованный ультразвуковым датчиком, проходит через посеы и, достигнув поверхности поля, отражается. В то время как сигнал, посылаемый оптическим датчиком, искажается облаком рабочего раствора пестицида,

достигает растительного покрова и сразу отражается. Кроме того, сила сигнала оптического датчика зависит от удаленности от объекта.

СМАР-1 управляется при помощи пульта из кабины трактора и имеет два режима работы: ручное и автоматическое управление. Ручное управление штангой осуществляется механизатором при помощи регулятора с пульта управления. Эта функция введена для сокращения времени на установку штанги в рабочее положение на разворотных полосах. В дальнейшем используется функция автоматической регулировки.

Блок управления является главным управляющим устройством в системе, в его функции включается опрос всех подчиненных устройств, по результатам опроса принимается решение о дальнейших действиях устройства. Он содержит управляющий микроконтроллер, связанный с ультразвуковыми сенсорами и пультом управления по интерфейсу.

Система была установлена на опрыскивателе ОШ-2300-18 с различными исполнительными механизмами. Ее использование позволило повысить производительность на 1 га/ч сменного времени, снизить расход топлива на 0,04 кг/га, годовые затраты труда на 7,2%, прямые эксплуатационные затраты на 8,8 % [11].

**Заключение.** Важную роль в соблюдении данного требования играют механизмы изменения угла наклона штанги и элементы автоматизации, позволяющие контролировать и регулировать положение штанги при работе опрыскивателя. Данные функции выполняет разработанная система микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя относительно обрабатываемой поверхности СМАР-1, которая состоит из пульта и блока управления, ультразвуковых датчиков положения; исполнительных механизмов управления штангой.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Болвонович, В. Берем потери пестицидов под контроль / В. Болвонович, Э. Могилевский // Белорусское сельское хозяйство. – 2013. – № 5 (133). – С. 12–14.

2. Теория и практика опрыскивания 2010 :метод пособие / И.А. Редкозубов [и др.]. – Дюпон ; Lechler, 2010. – 19 с.
3. Ротенберг, Ю. Ю. Высота штанги полевого опрыскивателя / Ю. Ю. Ротенберг, Т. В. Раскатова, И. А. Редкозубов // Защита и карантин растений. – 2011. – № 5. – С. 42–43.
4. Защита растений в устойчивых системах землепользования : в 4 кн. / под общ. ред. Д. Шпаара. – Минск : Орех, 2004. – Кн. 4. – 374 с.
5. Крук, И. С. Научно-технические основы проектирования рабочих органов штанговых опрыскивателей / И. С. Крук. – Минск : БГАТУ, 2018. – 272 с.
6. Ключков, А.В., Маркевич, А.Е. Механизация химической защиты растений: монография. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2008. – 228 с.
7. Методика оценки технического состояния полевых штанговых опрыскивателей и технологические требования ним / С. К. Карпович, Л. А. Маринич, И. С. Крук [и др.] ; под общ. ред. И. С. Крука. – Минск : БГАТУ, 2016. – 140 с.
8. Проектирование несущих конструкций, схем подвесок и систем стабилизации штанг полевых опрыскивателей. Рекомендации / И.С. Крук [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2018. – 172 с.
9. Ground Following system / AG SHIELD. – URL: <http://www.agshield.com>. – Дата обращения: 16.02.2018.
10. Сельскохозяйственные машины (основные тенденции развития тракторных опрыскивателей) / В. В. Ченцов. – М. : ЦНИИТЭИ Тракторное и с.-х. машиностроение, 1984. – Вып. 12. – 58 с.
11. Протокол № 218Б1/2-2009 (от 23 декабря 2009 г.) приемочных испытаний опытного образца системы микропроцессорного автоматизированного регулирования распределительной штанги опрыскивателя СМАР-1 / Бел. МИС. – Пос. Привольный, 2009. – 35 с.

## СОДЕРЖАНИЕ

ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО МИНИСТРА СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ БРЫЛЮ И.В. ....	3
<i>Карпович С.К., Сайганов А.С., Матвейчук А.С., Крупеня А.В.</i> НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕОСНАЩЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	4
<i>Юркевич С.Б., Крук И.С.</i> РЕМОНТНО-ОБСЛУЖИВАЮЩЕЙ БАЗЫ И РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	16
<i>Бакач Н.Г., Карпович С.К.</i> МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ И ПОСЕВНЫХ МАШИН ...	31
<i>Крук И.С., Карпович С.К., Юркевич С.Б., Анищенко А.А.</i> ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ .....	41
<i>Карпович С.К., Бакач Н.Г., Жилич Е.Л., Рогальская Ю.Н., Никончук В.В.</i> РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ .....	49
<i>Комлач Д.И., Жилич Е.Л., Колоско Д.Н., Рогальская Ю.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННУЮ КАРТИНУ ПРИ ИДЕНТИФИКАЦИИ МАСТИТА ДОЙНОГО СТАДА .....	53
<i>Карпович С.К., Жилич Е.Л., Еднач В.Н., Рогальская Ю.Н.</i> СИСТЕМЫ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ДОИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ВЫМЕНИ КОРОВ ПРИ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЕНИЯ .....	58

<i>Корнеева В.К., Капцевич В.М., Закревский И.В.</i> РАЗРАБОТКА И ИЗГОТОВЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОГО ФЕРРОГРАФА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОДУКТОВ ИЗНОСА В МОТОРНОМ МАСЛЕ . . . . .	63
<i>Корнеева В.К., Капцевич В.М., Закревский И.В.</i> ОБОСНОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАЛИЧИЯ ВОДЫ В МОТОРНОМ МАСЛЕ . . . . .	68
<i>Акулович Л.М., Миранович А.В.</i> НАНЕСЕНИЕ И ОБРАБОТКА В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ ПОЛЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ . . . . .	74
<i>Акулович Л.М., Сергеев Л.Е.</i> МАГНИТНО-АБРАЗИВНАЯ ОБРАБОТКА ШАРОВЫХ ПАЛЬЦЕВ ШАРНИРОВ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ . . . . .	80
<i>Гордеенко О.В., Арцименя М.В., Гринкевич М.А.</i> ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО-СЦЕПНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ПОЛЕВЫХ РАБОТ . . . . .	85
<i>Мисько В.Г.</i> СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ ПОСЛЕ МАГНИТНО- ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ И ЛАЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ . . . . .	90
<i>Мухля О.О., Жданко Д.А.</i> ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ ПУЛЬСАЦИЙ ДАВЛЕНИЯ ТОПЛИВА ОТ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ПРИВОДА СТЕНДА И СОБСТВЕННОЙ ЧАСТОТЫ ВПРЫСКОВ ТЕСТИРУЕМОГО ИНЖЕКТОРА . . . . .	97
<i>Жилич Е.Л., Жешко А.А., Рогальская Ю.Н.</i> АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС СИСТЕМЫ БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕДМАСТИТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЫМЕНИ ДОЙНОГО СТАДА . . . . .	101

<i>Мухля О.О., Тарасенко В.Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ И СОСТОЯНИЯ КОМПОНЕНТОВ СОВРЕМЕННОГО АВТОТРАКТОРНОГО ИНЖЕКТОРА .....	106
<i>Анискович Г.И, Шевчук М.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СМЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ ПЛУГОВ ПРИ ИХ ИМПУЛЬСНОЙ ЗАКАЛКЕ .....	113
<i>Юрин А.Н., Захаров А.В.</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВУХРЯДНОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ ОД-2 .....	120
<i>Юрин А.Н., Захаров А.В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИЕМОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ ЯБЛОК ЛСП-4 .....	123
<i>Леценко Е.В., Крук И.С., Назаров Ф.И., Лавор С.Б.</i> ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДИСКОВОГО ПРЕДПЛУЖНИКА .....	128
<i>Комлач Д.И., Бакач Н.Г., Володкевич В.И., Шах А.В.</i> ФОРМИРОВАНИИ СИСТЕМЫ МАШИН ДЛЯ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА ГОСУДАРСТВ- ЧЛЕНОВ ЕВРАЗИЙСКОГО ЭКОНОМИЧЕСКОГО СОЮЗА ..	132
<i>Азаренко В.В., Бакач Н.Г.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ КАК ПУТЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ АПК РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....	137
<i>Маркевич А.Е., Крук И.С., Бекбосынов С.Б., Болат Унат, Анищенко А.И.</i> ОЦЕНКА ПОТЕРЬ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ ...	144

Крук И.С., Маркевич А.Е, Карпович С.К., Юркевич С.Б.,  
Зубович В.Д.

СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОСТИ  
УСТАНОВКИ ШТАНГИ ПОЛЕВОГО ОПРЫСКИВАТЕЛЯ  
ОТНОСИТЕЛЬНО ОБРАБАТЫВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ В  
ПРОЦЕССЕ ЕГО РАБОТЫ . . . . .

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

Научное издание

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ,  
ОСНАЩЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА В АПК

Сборник научных статей  
Международной научно-практической конференции

*(Минск, 6–7 июня 2023 года)*

Ответственный за выпуск *И. С. Крук*  
Компьютерная верстка *Ф. И. Назарова*  
Дизайн обложки *Д. А. Пекарского*

Подписано в печать 06.06.2023. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 9,53. Уч.-изд. л. 7,45. Тираж 100 экз. Заказ 290.

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, 99-1, 220012, Минск.